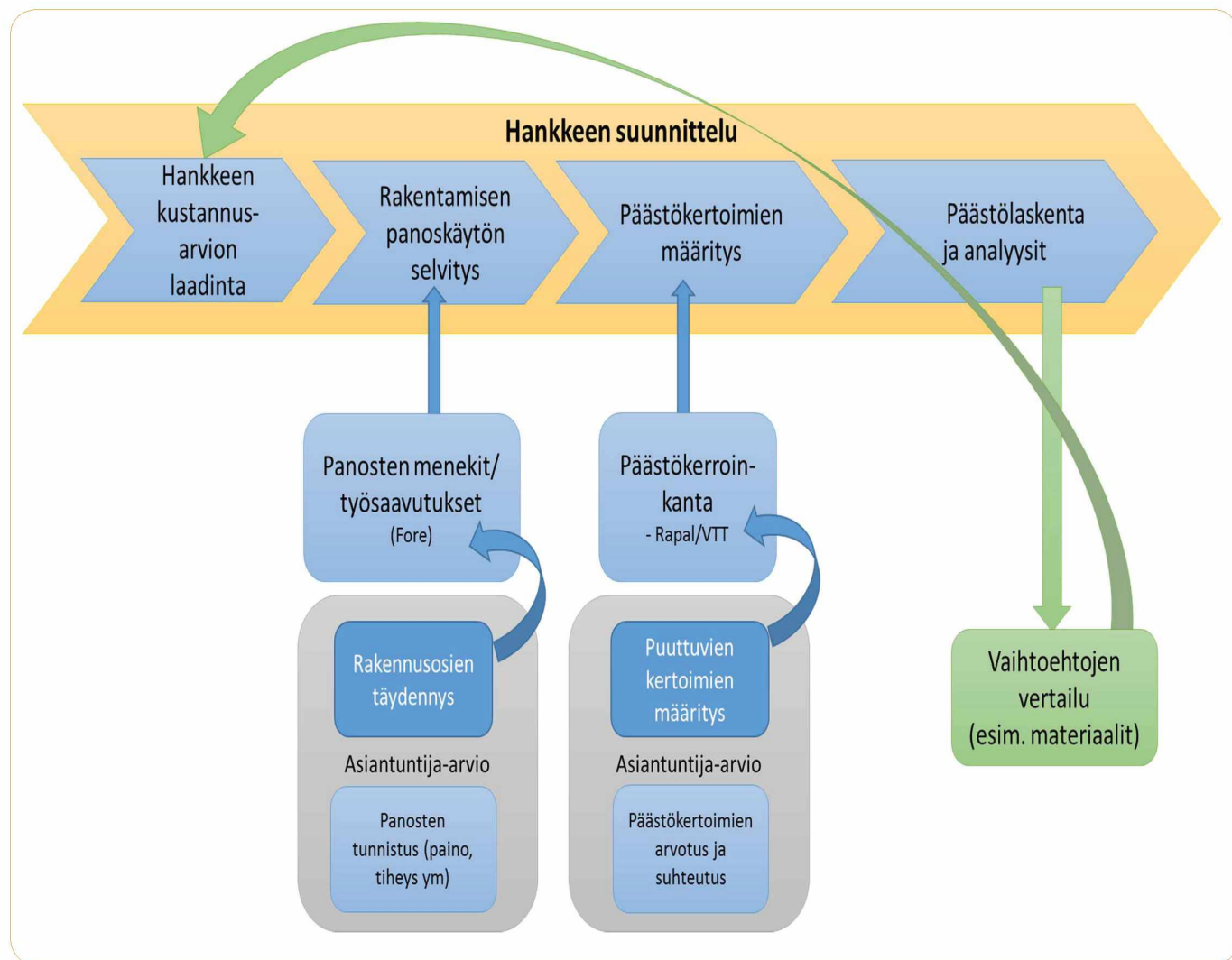


ANNA AULAKOSKI
PEKKA MONTIN
PETRI LYDMAN
KALLE HÄYRINEN

Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa

KEHÄ I LIITTYMÄN PARANTAMINEN KIVIKONTIEN
ERITASOLIITTYMÄN KOHDALLA



Anna Aulakoski, Pekka Montin,
Petri Lydman, Kalle Häyrinen

Panos pohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa

Kehä I liittymän parantaminen
Kivikontien eritasoliittymän kohdalla

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2013

Liikennevirasto
Helsinki 2014

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-255-443-7

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

Anna Aulakoski, Pekka Montin, Petri Lydman, Kalle Häyrinen: Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa - Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla. Liikennevirasto, infra- ja ympäristöosasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2014. 38 sivua ja 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-443-7.

Avainsanat: CO₂-laskenta, Fore, hiilidioksidipäästöt, hiilijalanjälki, investointihanke, laskenta-prosessi, panospohjainen, päästökerroin, päästöt, väylähanke, ympäristö

Tiivistelmä

Tässä työssä tehtiin pilottina hiilijalanjälkilaskelma Liikenneviraston investointihankkeelle Kehä I:n liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla. Projektissa laskettiin hankkeen investoinnin CO₂-päästöt Fore-järjestelmän pohjalta. Laskennan ohessa laadittiin prosessikuvaus panospohjaisen CO₂-laskennan suorittamisesta investointihankkeessa.

Kivikontien eritasoliittymän hankkeen kokonaispäästöt olivat 10 712 tCO₂. Investointihankkeen kokonaispäästöt esitettiin panosluonteen ja hankeosien mukaan, sekä esitettiin investoinnin kustannusten suhteessa. Panosluonteen mukaan tarkasteltaessa havaittiin, että noin 95 % CO₂-päästöistä muodostuu hankkeen rakentamisessa käytettävistä päämateriaaleista: betonista (3 940 tCO₂), teräksestä (1 730 tCO₂) ja asfaltista (840 tCO₂) sekä kuorma-autokuljetuksista (2 360 tCO₂) ja työkoneista (1 300 tCO₂). Kun hankkeen laskelmaa tarkasteltiin hankeosien mukaan, ilmeni että päästöiltään merkittävimmän kokonaisuuden muodostivat kadut noin 28 % osuudella, seuraavaksi suurin hankeosaryhmä oli sillat 27 % ja Mt 101 ramppeineen noin 25 %. Hankelaskelman kokonaiskuvaan vaikuttaa suunnitelmien ja kustannuslaskennan osittelutapa; päästöt voidaan myös suhteuttaa investoinnin arvoon: Keskimäärin tässä hankkeessa investoitua euroa kohden CO₂-päästöjen määrä oli 0,37 kgCO₂/€.

Projektin aikana järjestettiin työpaja, jossa teemana oli päästöjen vähentäminen. Aihetta käsiteltiin kahdelta suunnalta: tarkastelemalla toimenpiteitä itse rakennustyön päästöihin vaikuttamiseksi sekä tarkastelemalla liikennejärjestelyjen vaikutusta liikenteen päästöihin. Toimenpiteet joita tehdään itse rakennustyön aikana, todettiin merkittävämmäksi kuin liikennejärjestelyt. Suunnittelun merkitys korostui hankkeiden prosessien joka vaiheessa: Mitä varhaisemmassa vaiheessa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen otetaan hankesuunnitelmassa tavoitteeksi, sitä suurempi on vaikuttavuus. Erityyppisten pilottikohteiden avulla voidaan löytää konkreettisia toimintamalleja panospohjaisen CO₂-laskennan hyödyntämiselle.

Anna Aulakoski, Pekka Montin, Petri Lydman, Kalle Häyrinen: Pilotförsök gällande en aktivitetsbaserad CO₂-beräkning i ett trafikledsprojekt: förbättringen av anslutningen till Ring I vid Stensbölevägens planskilda anslutning. Trafikverket, infrastruktur och miljö. Helsingfors 2014. Trafikverkets undersökningar och utredningar 18/2014. xx sidor och xx bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-443-7.

Sammanfattning

I denna undersökning gjordes ett pilotförsök att beräkna det koldioxidfotavtryck som lämnas i samband med Trafikverkets investeringsprojekt för att förbättra anslutningen till Ring I vid Stensbölevägens planskilda anslutning. CO₂-utsläppen till följd av projektetinvesteringen beräknades med hjälp av Fore-systemet. Vid sidan av beräkningen utarbetades en processbeskrivning av hur en aktivitetsbaserad CO₂-beräkning kunde utföras i investeringsprojektet.

De totala utsläppen i projektet vid Stensbölevägens planskilda anslutning var 10 712 tCO₂. Investeringsprojektets totala utsläpp framställdes enligt aktivitetens karaktär och de olika projektdelarna samt i förhållande till investeringskostnaderna. Analyserna som gjordes enligt aktivitetens karaktär visade att cirka 95 % av CO₂-utsläppen härrör sig från de huvudsakliga byggnadsmaterialen som används i projektet: betong (3 940 tCO₂), stål (1 730 tCO₂) och asfalt (840 tCO₂) samt från lastbilstransporter (2 360 tCO₂) och arbetsmaskiner (1 300 tCO₂). Då beräkningen analyserades enligt de olika projektdelarna, visade det sig att gatorna, med andelen 28 %, är den mest betydande helheten i fråga om utsläpp, den näst största andelen 27 % utgörs av broarna och cirka 25 % av landsväg 101 inklusive ramper. Fördelningssättet i planerna och kostnadsberäkningen påverkar också helhetsbilden av projektberäkningen; utsläppen kan också sättas i relation till investeringsvärdet: I detta projekt var mängden CO₂-utsläpp i genomsnitt 0,37 kgCO₂/€ per investerad euro.

Under projektet ordnades en workshop med minskade utsläpp som tema. Ämnet behandlades ur två perspektiv: genom att analysera åtgärderna för att påverka utsläppen från själva byggnadsarbetet och genom att analysera hur trafikregleringarna inverkar på trafikutsläppen. Åtgärderna som vidtas under själva byggnadsarbetet konstaterades vara viktigare än trafikregleringarna. Vikten av planering i varje skede av projektprocesserna underströks: Ju tidigare i projectplaneringen man har som målsättning att minska koldioxidutsläppen, desto större är effekten. Med hjälp av olika typer av pilotprojekt kan man hitta konkreta verksamhetsmodeller där man utnyttjar metoden för aktivitetsbaserad CO₂-beräkning.

Anna Aulakoski, Pekka Montin, Petri Lydman, Kalle Häyrynen: Pilot study of activity-based CO₂ calculation in a transport infrastructure project: improvement of the Ring Road I intersection at the Kivikontie grade separation. Finnish Transport Agency, Infrastructure and Environment. Helsinki 2014. Research reports of the Finnish Transport Agency 18/2014. xx pages and xx appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-443-7.

Summary

This report includes a pilot study on carbon footprint calculation in the Finnish Transport Agency's investment project: improvement of the Ring Road I intersection at the Kivikontien grade separation. The CO₂ emissions in the project investment were calculated in the Fore system. In addition to this calculation, a process description on how to perform activity-based CO₂ calculation in the investment project was drafted.

The total project emissions at the Kivikontie interchange were 10,712 tCO₂. The total emissions in the investment project were presented according to the nature of activities and the different project sectors, as well as in relation to the investment costs. The analyses according to the nature of the activities showed that about 95% of the CO₂ emissions are due to the main construction materials used in the project: concrete (3,940 tCO₂), steel (1,730 tCO₂) and asphalt (840 tCO₂) as well as due to lorry transports (2,360 tCO₂) and machinery (1,300 tCO₂). When the calculation was analysed according to the different project sectors, it became evident that the project sectors with the most significant impact in terms of emissions were streets (about 28%), bridges (27%) and main road 101 including ramps (25%). The overall project calculation is affected by the allocation method used in the plans and when calculating costs; the emissions can also be proportioned to the investment value: In this project, CO₂ emissions totalled on average 0.37 kgCO₂/€ per each invested euro.

A workshop with the agenda emission reduction was organized during the project. The theme was approached from two perspectives: by examining the actions which affect the emissions from the construction work itself and by examining the impact of the traffic arrangements on traffic emissions. The actions taken during the construction work itself were considered more significant than the traffic arrangements. The importance of planning in each phase of the project processes was emphasized. The sooner carbon reduction is adopted as a target in project planning, the more effective the impact. Concrete operations models for using the activity-based CO₂ calculation method can be found through different types of pilot studies.

Esipuhe

Liikennevirasto on tehnyt vuosina 2010–2012 valtakunnalliset laskelmat eri liikenne-
muotojen ja liikenteen (pois lukien ilmailu) hiilijalanjäljistä. Hiilijalanjälkiarvioinnin
tarkoituksena on ollut hahmottaa suuruusluokkatasolla merkittävimmät infra-
struktuurin elinkaaren aikaiset hiilidioksidilähteet. Samalla on saatu tietoa rakenta-
mis- ja kunnossapitoprosessien hiilisisällöistä. Kyseiset hiilijalanjälkilaskelmat poh-
jautuivat suuruusluokkatarkasteluihin ja elinkaariajatteluun, mikä ei sinänsä antanut
riittävän selkeää kuvaa yksittäisten rakentamis- ja kunnossapitotoimenpiteiden hiili-
dioksidituotoista.

Liikennevirasto on erittäin merkittävä tuotteiden ja palveluiden hankkija, palveluja
ostetaan noin 1,6 miljardilla vuodessa. Hankintamenettelyillä on siten tärkeä rooli
hiilijalanjäljen muodostumisessa. Ottamalla hankintakriteereihin vaatimus vähähiili-
syydestä, saadaan vaikutuksia koko virastotasolla. Sitä ennen on kuitenkin tarpeen
selvittää esim. rakentamisen yksittäisiä hiililähteitä, jotta ohjeistusta voidaan suun-
nata oikein myös talousperusteisesti.

Kesällä 2013 Liikennevirasto käynnisti pilottiprojektin, jossa selvitettiin suunnittelu-
vaiheessa olevan Kivikon eritasoliittymän hiilitasetta. Pilotissa testattiin Fore-
kustannushallintapalvelun Rola-työkalun käyttöä CO₂-päästöjen laskennassa. Rolas-
sa on Infra2006:n mukaisesti jaoteltu nimikkeistö, joka sisältää yleisimmät infra-
rakentamisessa käytettävät rakennusosat. Oleellista laskennassa on, että jo kustan-
nuslaskentavaiheessa voidaan hahmottaa CO₂-päästöjen suuruusluokat ja niihin voi-
daan tarvittaessa vaikuttaa. Tässä pilottikohteessa suunnitteluvaiheella tarkoitetaan
yleissuunnittelun jälkeistä aikaa.

Projekti tilattiin Rapal Oy:ltä: työn projektipäällikkönä toimi Anna Aulakoski, muina
asiantuntijoina Pekka Montin, Petri Lydman ja Kalle Häyrinen. Työtä ohjasi Liikenne-
viraston ohjausryhmä, jonka jäseninä olivat Arto Hovi (pj), Anne-Mari Haakana, Timo
Tirkkonen, Jarmo Nirhamo, Tuovi Päiviö ja Kristiina Laakso.

Helsingissä toukokuussa 2014

Liikennevirasto

Infra ja ympäristöosasto/ ympäristö- ja kiinteistöyksikkö

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	Liikenneviraston ympäristötavoitteet.....	8
1.2	Rola-laskentatyökalu, panokset ja laskentaperiaatteet	8
1.3	Yleiskatsaus CO ₂ -kertoimiin	10
2	HANKEKUVAUS: KEHÄ I LIITTYMÄN PARANTAMINEN KIVIKONTIEN ERITASOLIITTYMÄN KOHDALLA	11
3	HANKKEEN LASKELMA.....	13
3.1	Yleisesti Rola-laskelmasta.....	13
3.2	Rakennusosat panoksiksi.....	14
3.3	Päästökertoimien määrittäminen ja laskentaoletukset	15
3.3.1	Materiaalien päästökertoimet.....	16
3.3.2	Kuorma-autokuljetusten päästökertoimet	17
3.3.3	Työkoneiden päästökertoimet	17
3.3.4	Päästöttömät panokset	18
3.4	Päästölaskennan tulokset.....	18
3.4.1	Päästöt panosluonteittain	18
3.4.2	Päästöt rakennusosittain (InfraRYL 100-taso).....	19
3.4.3	Päästöt hankeosittain.....	21
3.4.4	Päästöt investointikustannusten suhteessa	23
4	PANOSPOHJAISEN LASKENNAN PROSESSIKUVAUS	24
5	IDEOINTIA PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMISEKSI – TYÖPAJAN YHTEENVETO	27
6	HIILIJALANJÄLJEN LASKENNAN HYÖDYNTÄMINEN.....	29
6.1	Kestävän kehityksen näkökulma arvioinnissa	29
6.1.1	Hiilidioksiditonin hinta	29
6.2	Ajatuksia CO ₂ -laskennan hyödyntämisestä suunnittelun vaiheessa	30
6.2.1	Nykyiset toimintatavat.....	30
6.2.2	Hankkeen tavoitteet ja ohjaus	31
6.2.3	Hiilijalanjäljen laskenta eri suunnitteluvaiheissa	33
6.3	CO ₂ -laskennan hyödyntäminen toteutuksessa.....	33
6.3.1	Päästöihin vaikuttaminen.....	33
6.3.2	Päästöjen vähentämisen periaate hankinnassa	33
6.3.3	Päästöjen vähentämisen periaate toteutuksessa.....	34
6.3.4	Menetelmän kehittäminen.....	34
7	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	
Liite 1	Laskennassa käytetyt päästökertoimet	
Liite 2	Kuljetusten CO ₂ -päästöjen muodostaminen	
Liite 3	Työpajan ideointia päästöjen vähentämiseksi	

1 Johdanto

1.1 Liikenneviraston ympäristötavoitteet

Liikenneviraston ympäristötoimintalinjaukset pohjautuvat liikenne- ja viestintäministeriön Liikenteen ympäristöstrategiaan ja Liikenneviraston strategiaan. Väylänpidon ja liikenteen ympäristövaikutukset huomioidaan erityisesti edellyttämällä tuotteilta ja palveluilta korkeaa ympäristölaatua ja tuotteiden elinkaaren aikaista vaikutusten hallintaa. Erityisesti ennakoivasti tehtävä vaikutusten arviointi ja toimintatapojen arviointi kokonaisvaltaisesti huomioidaan hankkeissa.

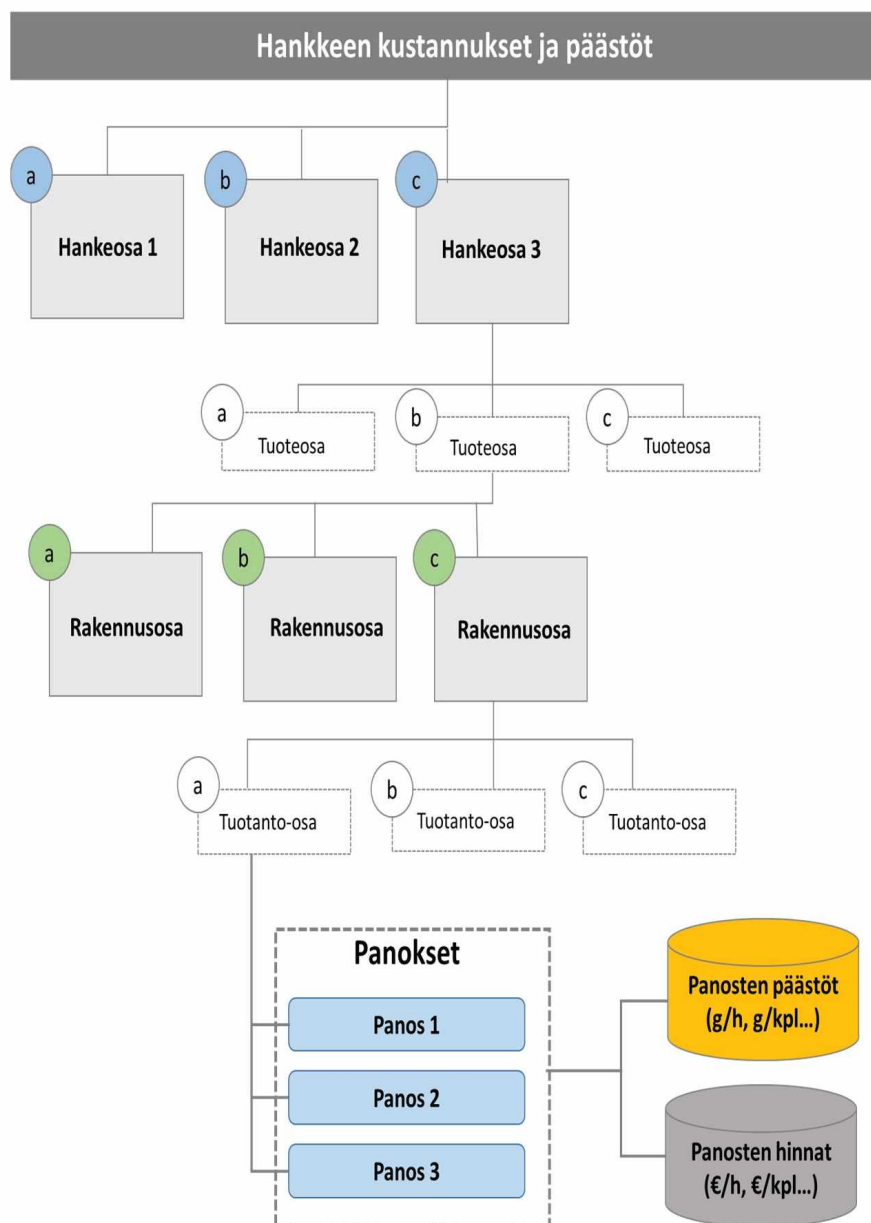
Liikenneviraston ympäristötavoitteet antavat perustan pitkän aikavälin suunnittelulle, joka sisältää myös talousnäkökulman. Ympäristö- ja hankintaohjeet ohjaavat käytännön hankkeita. Toteutunutta toimintaa arvioidaan ja mitataan, jotta ympäristökuormitusta saadaan vähennettyä. Viraston tavoitteena on edistää kansallista ja kansainvälistä ympäristötyötä väylänpidossa ja liikenteen suunnittelussa.

1.2 Rola-laskentatyökalu, panokset ja laskentaperiaatteet

Tässä pilottihankkeessa rakentamisessa muodostuvien CO₂-päästöjen laskennassa hyödynnettiin Rapal Oy:n kehittämää Fore-kustannushallintapalvelun sisältämää Rola-työkalua. Rola sisältää Infra2006 mukaisesti jaotellun nimikkeistön, josta löytyvät yleisimmät infrarakentamisessa käytettävät rakennusosat. Rakennusosien yksikköhinnat koostuvat kustannustiedostoista, jotka ovat mallinnettu niissä tarvittavien ponnosten avulla.

Rolaa hyödynnetään tavallisesti hankkeen tie- tai rakennussuunnitelman kustannusarvion tekoon. Nimikekohtaiset määrät mitataan suunnitelmista. Määrät kertovat, kuinka paljon mitäkin rakennusosaa on hankkeen rakentamiseen suunniteltu käytettäväksi; toisaalta tarkemmalla tasolla ilmaistuna, kuinka paljon rakennusosan sisältämiä panoksia hankkeen rakentamiseen kuluu.

Foren hinnastohierarkia jakautuu hankeosiin (esim. kadut ja sillat), tuoteosiin (esim. runko-osa, pinta-osa), rakennusosiin (esim. päällyste, kantava kerros), tuotanto-osiin (esim. kuljetus, asennustyö) ja lopulta panoksiin (esim. kuorma-auto, rakennusmateriaali) (katso Kuva 1).



Kuva 1. Foren hankehierarkia kuvaa miten päästöt ja hinnat järjestelmässä muodostuvat.

Esimerkiksi pilaristabiloinnit on mallinnettu järjestelmässä rakennusosaksi, joka sisältää kolme tuotanto-osaa ja niitä vastaavat panokset. Mallinnetut osat ja panokset ovat:

- aloitus- ja lopetustyöt (tuotanto-osa)
 - pilaristabilointikone (panos)
 - nuppi + kuljetuslavetti (panos)
 - rakennusmies (panos)
- stabilointi (tuotanto-osa)
 - pilaristabilointikone (panos)
 - rakennusmies (panos)
- materiaali (tuotanto-osa)
 - sementti (panos)

Näille yksittäisille panoksille on mahdollista määrittää CO₂-päästökerroin ja sitä kautta koko hankkeen CO₂-päästöt, kun yksittäisten panosten käyttömäärät tiedetään. Panospohjainen CO₂-laskenta ei huomioi koko hankkeen elinkaaren aikaisia päästöjä, vaan se keskittyy hankkeen rakentamisessa vapautuvaan CO₂-määrien arviointiin.

1.3 Yleiskatsaus CO₂-kertoimiin

Hiilijalanjäljen laskennan peruseriaate on suoraviivainen: Panokselle määritetään päästökerroin, joka indikoi yhden työsuoritusyksikön aikaansaamisesta aiheutunutta hiilidioksidipäästöä. Mallinnettujen työ- ja materiaalimenekkien perusteella panosten päästöt summataan laskennallisesti hankkeen rakennusosille, joista arvioidaan hankkeen kokonaispäästöt. Päästökertoimet valitaan tilanteeseen soveltuviksi asiantuntija-arvioiden perusteella.

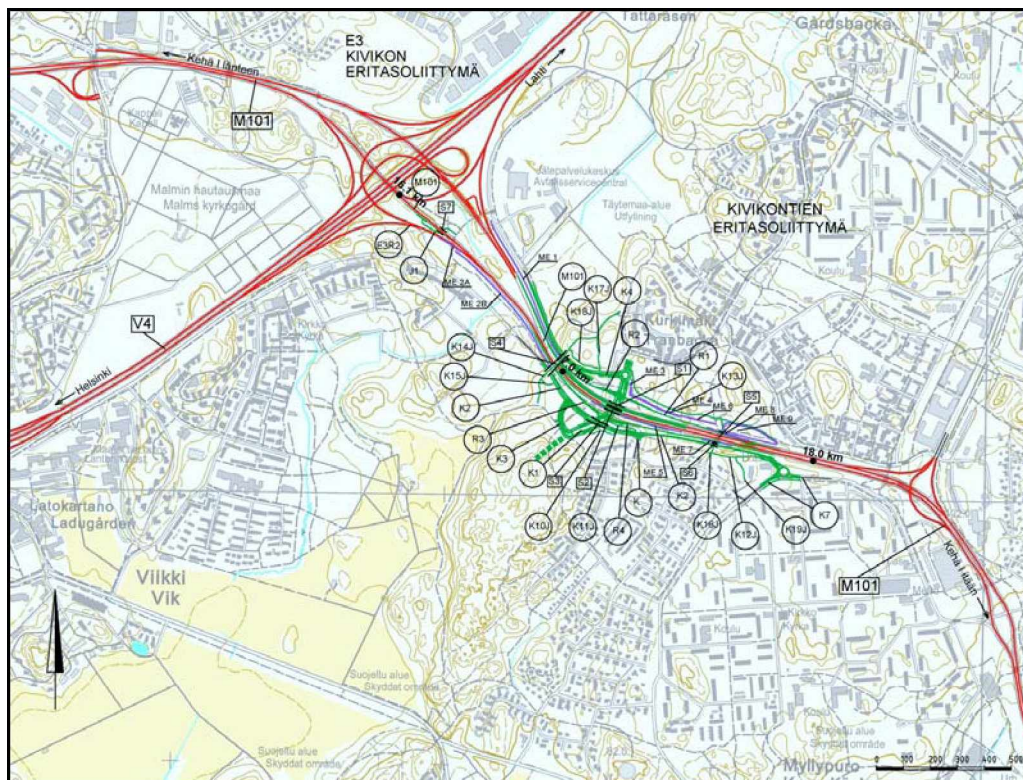
Hiilijalanjäljen laskennassa määritetään usein hiilidioksidipäästöjen lisäksi ekvivalenttipäästöt. CO₂-ekvivalentti tarkoittaa kasvihuonekaasua, jonka ilmaston lämpenemispotentiaali on suhteutettu hiilidioksidin aiheuttamaan vastaavaan vaikutukseen. Jokaisella kasvihuonekaasulla on oma kertoimensa. Yleisimmät hiilijalanjälkilaskelmissa huomioitavat kasvihuonekaasut ovat metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O).

Tämän laskennan päästökertoimet on määritetty Rapal Oy:n ja VTT:n yhteistyönä vuosina 2009 ja 2010, sekä tämän työn yhteydessä. Laskennassa on ekvivalenttikertoimet jätetty huomioimatta, sillä suurin osa tiehankkeiden päästöistä on hiilidioksidia. Tässä laskentapilotissa käytettyjen päästökertoimien laskentatapa on kuvailtu tarkemmin luvussa 3.3.

2 Hankekuvaus: Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla

Kivikontien kohdalla vanha tasoliittymä korvataan eritasoliittymällä avaten samalla tärkeän, uuden katuyhteyden Kehä I:lle. Liittymä mahdollistaa ns. Tunnelikadun rakentamisen, mikä keventää Kehä I:n itäpäähän liikennemääriä. Kehän estevaikutusta vähennetään parantamalla kevyen liikenteen yhteyksiä Kehän poikki. Kumpikin edellä mainituista muutoksista parantaa liikenneturvallisuuksia. Meluntorjuntaa täydenne-tään vähentämään melualueella asuvien määrää.

Kivikontien eritasoliittymä mahdollistaa Kehä I:n viereen rakennettavien asuintalojen käyttöönoton. Hanke vähentää olennaisesti kasvavista liikennemääristä johtuvia ruuhkia ja vakavia onnettomuuksia. Samalla hanke luo edellytykset toimivalle joukko-liikenteelle ja varmistaa kevyen liikenteen toimivuuden.



Kuva 2. Kivikontien eritasoliittymä.

Hankkeessa rakennetaan uusi eritasoliittymä pääväylän (Mt 101 Kehä I) ja Kivikontien välille. Uusia rampeja rakennetaan viisi kappaletta ja pääväylän kaistoja parannetaan ja levennetään. Hankkeeseen kuuluu myös uusia katuja kuusi kappaletta, jotka liittyvät uuteen liittymäjärjestelyyn. Pääväylän lisäksi hankkeessa rakennetaan seitsemän siltaa, joista merkittävin ja vaativin on Viikin puistosilta S4. Myös kevyen liikenteen väyliä ja melunsuojarakenteita rakennetaan huomattava määrä. Lisäksi suoritetaan korjaustoimenpiteitä olemassa oleville valaistus- ja vesihuoltojärjestelmille sekä suoritetaan maisemointi- ja viherrakennustöitä. Katujen yhteydessä rakennetaan myös jätevesi- ja vesihuoltoverkkoa. Nämä hankeosat on esitelty taulukossa 1.

Alueen pohjaolosuhteet vaihtelevat ja maaperä on pääosin routivaa. Myös louhintaa joudutaan suorittamaan. Suunnitelmassa on käytetty oheista osittelu, jonka mukaan myös kustannusarvio on ryhmitelty ja edelleen panoskäyttö on mahdollista eritellä.

Taulukko 1. Kivikontien eritasoliittymän hankeosat.

Hankeosa	Tarkennus
MT 101	sis. väylän ja kaiteet
Rampit	sis. 4 liittymäramppeja kaduilta Kehä I:lle, yhden liittymärampin Valtatie 4:ltä Kehä I:lle
Kadut	sis. 6 kadun osaa eritasoliittymän yhteydessä
Sillat	sis. 3 risteyssiltaa, 1 kevyenliikenteen puistosillan, 3 alikulkukäytäväsiltaa
Kevyen liikenteen väylät	sis. 11 kevyen liikenteen väylää
Portaat	sis. 4 portaikkoa
Melusuojaus	sis. 8 meluestettä
Liikenteenohjausjärjestelmät	sis. alueen opasteet ja liikennevalot
Tieympäristö	sis. alueen nurmetukset ja istutukset
Valaistus	sis. alueen valaistuksen ja sähköistyksen
Vesihuollon järjestelmät	sis. alueen kaivot ja viemäroinnin

3 Hankkeen laskelma

3.1 Yleisesti Rola-laskelmasta

Kivikontien eritasoliittymästä laskettiin vuoden 2012 aikana kustannusarvio hyödyntäen Fore-kustannushallintapalvelua. Rakennusosa-arvion määrät perustuivat Ramboll Finland Oy:n laatimiin suunnitelmista mitattuihin määräluetteluihin.

Määräluettelot olivat pääosin laadittu Infra2006 nimikkeistön mukaisesti. Joitakin määriä tarkistusmitattiin kustannusarviointivaiheessa suunnitelmista. Siltojen määräluettelot oli laadittu Silava-järjestelmällä. Silava-nimikkeet ovat pääosin sovellettavissa Infra2006 nimikkeistöön. Rakennusosien yhteenlasketuiksi kustannuksiksi muodostui noin 24,150 milj € (alv 0 %) ilman työmaa- tai tilaajatehtäviä. Taulukoissa 2 ja 3 on kustannusten jakauma hankeosittain ja Fore-nimikkeistön 100-tasoin.

Rola-laskelmassa käytetty hankeosien mukainen kustannusten jakauma oli suuruusjärjestyksessä:

Taulukko 2. Rola-laskelmassa käytetty hankeosien kustannusten jakauma

Hankeosa	Kustannus (€) (alv. 0 %)	Kustannusosuus (%)
Kadut	7 059 000	29 %
Sillat	5 509 000	23 %
Rampit	2 443 000	10 %
MT 101	2 384 000	10 %
Melusojaus	2 234 000	9 %
Vesihuollon järjestelmät	1 310 000	5 %
Kevyen liikenteen väylät	1 165 000	5 %
Tieympäristö	1 024 000	4 %
Liikenteenohjausjärjestelmät	641 000	3 %
Valaistus	314 000	1 %
Portaat	71 000	0,3 %
Yhteensä	24 152 000	100 %

Foren nimikkeistön 100-tasoinen määritelty kustannusjakauma on seuraava:

Taulukko 3. Nimikkeistön 100-tason kustannusjakauma

Rakennusosa 100 -taso	Kustannus (€) (alv. 0 %)	Kustannus- osuus (%)
Sillat 4200	6 449 000	27 %
Päällysrakenteen osat ja radan alusrakenne- kerrokset 2100	5 243 000	22 %
Maaleikkaukset ja -kaivannot 1600	2 904 000	12 %
Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit 1700	2 612 000	11 %
Penkereet, maapadot ja täytöt 1800	1 228 000	5 %
Kasvillisuusrakenteet 2300	1 024 000	4 %
Olevat rakenteet ja rakennusosat 1100	883 000	4 %
Pohjarakenteet 1400	724 000	3 %
Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät 3200	661 000	3 %
Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosio- suojaus 2200	593 000	2 %
Perustusrakenteet 1300	559 000	2 %
Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät 3300	503 000	2 %
Vesihuollon järjestelmät 3100	440 000	2 %
Perustus- ja tukirakenteet 4400	298 000	1 %
Rakennelmat ja kalusteet 4600	17 000	0,1 %
Muut rakennusosat 4900	14 000	0,1 %
Yhteensä	24 152 000	100 %

3.2 Rakennusosat panoksiksi

Kivikontien eritasoliittymän rakennusosalaskelma sisälsi suurimmaksi osaksi rakennusosia, jotka olivat suoraan Fore-järjestelmän nimikkeitä ja sisälsivät mallinnetun tuotanto- ja panosrakenteen. Laskelmaan oli lisäksi tehty joitain rakennusosia, joiden nimi tai yksikköhinta oli määritetty käyttäjän toimesta. Näille käyttäjän itse lisäämille tai muokkaamille rakennusosille ei ole valmista panosrakennetta, jota voitaisiin hyödyntää CO₂-päästölaskennassa.

Eniten muutettuja nimikkeitä oli päällysteissä sekä melusuojauksessa käytettävissä teräsrakenteissa. Nämä muutettiin vastaamaan lähintä järjestelmästä löytyvää nimikettä ja siten niiden panoskäyttö saatiin mukaan laskentaan. Rakennusosan määrässä otettiin myös huomioon mitta- ja painoseikat siten, että esimerkiksi teräsrakenteen kokonaispaino ei muuttunut merkittävästi.

Alla olevassa taulukossa on esitetty vaiheittain rakennusosalaskelman purkaminen panosmääräksi. Tässä prosessissa jokainen rakennusosa otetaan huomioon ennen varsinaista laskentavaihetta. Kyseinen prosessi mahdollistaa luotettavan laskentatavan.

Rakennusosalaskelman purkaminen panosmääräksi

1. Selvitetään hankkeen rakennusosalaskelmasta ilman panosrakennetta olevat rakennusosat.
2. Valitaan panosrakenteettomille rakennusosille korvaavat rakennusosat Fore-järjestelmästä, jotta laskelman panosrakenteesta tulee mahdollisimman kattava.
3. Ositetaan rakennusosat panoksiksi ja määritetään ne tarkemmin:
 - a. materiaalipanoksien materiaalit ja painot
 - b. kuljetusajoneuvopanoksien tyypit ja tunnit
 - c. työkonepanoksien tyypit ja tunnit
4. Tuloksena saadaan määritettynä hankkeen:
 - a. materiaalipanokset määrineen ja jaoteltuna valmistusmateriaaleittain
 - b. kuljetuspanokset määrineen ja jaoteltuna konetyypeittäin
 - c. työkonepanokset määrineen ja jaoteltuna konetyypeittäin

3.3 Päästökertoimien määrittäminen ja laskentaoletukset

Päästökertoimet määritettiin rakennusosille hyödyntäen pääasiassa Rapal Oy:n olemassa olevaa tietokantaa sekä VTT:n Lipasto-järjestelmää. Tietokannassa löytyi suu-
relle osalle materiaalipanoksista tai vastaavasta materiaalista tehdyille rakennustuotteille CO₂-päästökerroin. Kyseiset päästökertoimet on määritetty Rapal Oy:n ja VTT:n yhteistyössä vuosina 2009 ja 2010. Tarvittaessa päästökertoimia tarkennettiin valmistajilta saatujen tuotetietojen mukaan, jotta esimerkiksi eri painoisille panoksille saatiin mahdollisimman todenmukainen päästökerroin. Täsmennystä on tehtävä jatkuvasti parhaan mahdollisen tiedon mukaan, sillä tiedot materiaaleista sekä niiden koostumuksesta saattavat esimerkiksi tuotekehityksen myötä muuttua. Päästökertoimet kullekin lasketulle materiaalipanokselle on lueteltu Liitteessä 1.

Suurin osa tiehankkeisiin liittyvistä kasvihuonekaasupäästöistä on hiilidioksidia. Tämän laskelman merkittävimpien panosten (betonituotteet, kuorma-autokuljetukset, terästuotteet ja työkoneet) päästöistä noin 96–99% on CO₂, ja loput 1–4% muita ekvivalenttikaasuja CH₄ ja N₂O. Tästä johtuen tämän pilotin laskennassa käytetään vain hiilidioksidipäästöjä ja päästöjen indikaattorina on CO₂, eikä CO₂-ekvivalentti.

Päästökertoimet on annettu eri yksiköissä kuten kg/m, kg/t, kg/kg, kg/m³, kg/m², kg/h, kg/kpl. Lipasto-järjestelmää (VTT: 2013) hyödynnettiin kuorma-autokuljetusten ja työkoneiden päästöjen laskentaan. Vapautuva CO₂-päästö voidaan laskea määrittämällä koneen moottoriteho, käyttöaika ja kuormitusaste.

Panostyyppien määritykset sekä CO₂-päästöjen laskennan taustatiedoissa tuotteiden ja materiaalien päästölaskennan elinkaari kattaa raaka-aineiden hankinnan ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen. Päästökerroin siis ilmoitetaan tuotteille ja materiaaleille niin sanotusti ”kehdestä tehtaan portille (eng. *cradle-to-gate*)” ISO14040-standardin (2006) elinkaariarvioinnin määritelmän mukaan.

Laskennassa jätettiin huomioimatta joitain yksittäisiä määrältään pieniä rakennusosia, joiden panosrakenteen selvitys ei enää olisi parantanut laskennan kattavuutta. Näiden vaikutus kokonaisuuteen oli hyvin vähäinen, arviolta korkeintaan prosentin luokkaa. Merkittävimpien panosten päästökertoimet on esitetty seuraavissa kappaleissa 3.3.1–3.3.4.

Päästömäärien laskenta suoritettiin seuraavan prosessin mukaisesti:

Päästömäärien laskenta

1. Selvitetään jokaista panosta vastaava CO₂-yksikköpäästö.
2. Panoskohtaiset yhteispäästöt saadaan kertomalla CO₂-yksikköpäästö kyseisen panoksen määrällä.
3. Summataan hankkeen päästöt yhteen halutulla tavalla:
 - a. panoksen luonteen mukaan
 - b. rakennusosittain
 - c. hankeosittain

3.3.1 Materiaalien päästökertoimet

Materiaalien CO₂-päästökertoimet muutettiin ensiksi yksikköön CO₂-kg/tuote-kg, jotta niiden vertailtavuus helpottuisi. Sen jälkeen laskettiin kullekin rakennustuotteelle tai materiaalille kilomäärät, josta CO₂-päästö määrä oli suoraan määritettävissä panoksen mukaiseen yksikköön. Alla on kuvailtu hankkeen merkittävimpien materiaalien päästöjen muodostuminen.

Materiaalit:

- ✓ asfalttimassa 36 kgCO₂/asfalttitonni, koostuu seuraavista osista
 - bitumi 9 kgCO₂/asfalttitonni (5 % bitumipitoisuus, 174 kgCO₂/kgBIT (Eurobitumen))
 - murske 2,5 kgCO₂/asfalttitonni (sis. kuljetuksen asf-asemalle)
 - massan teko 24,5 kgCO₂/asfalttitonni (rpö-kulutus 7,7 kg/tonni)
- ✓ jalostetut kiviainekset, murskeet
 - 2,3–2,9 kgCO₂/m³ (sis. louhinnan ja jalostuksen, ei kuljetusta hankkeelle)
- ✓ betonituotteet
 - 213,5–329,6 kgCO₂/m³ (betonin lujuusluokka välillä K30-K70)
 - sementti 0,92 kgCO₂/kg
- ✓ terästuotteet
 - valurauta 0,81 kgCO₂/kg
 - raudoitusteräs 0,91 kgCO₂/kg
 - kuumasinkitetty teräs 1,11 kgCO₂/kg

3.3.2 Kuorma-autokuljetusten päästökertoimet

Kuorma-autokuljetuksien osalta Lipaston antamat CO₂-arvot muunnettiin yksiköstä CO₂-kg/km yksikköön CO₂-kg/h, joka on Foren sisältämien kyseisten panosten yksikkö. Muunnoksessa oletettiin ensiksi asiantuntija-arvion mukaisesti ajoneuvolle keskinopeus, ja päästöarvo laskettiin tuntia kohden. Tarkempi kuvaus arvion muodostamisesta on esitetty liitteessä 2.

Kuljetukset:

- ✓ päästökerroin kuljetuksille on 0,869 kgCO₂/km eli 35,1 kgCO₂/h
- ✓ oletusnopeus peruskuljetusmatkatunneille (0-1 km) 30 km/h ja lisäkuljetusmatkoille 50 km/h
- ✓ ominaispäästö 32 tn maansiirtoauton mukaan, 50 % kuorma (ei meno-paluu-kuljetuksia)
- ✓ hankkeen sijainti liikenteellisesti on hyvä (ajoneuvoa käytetään 25 % kaupunkiolosuhteissa ja 75 % maatieolosuhteissa).

3.3.3 Työkoneiden päästökertoimet

Työkoneiden CO₂-päästöt arvioitiin niiden tehojen perusteella Lipasto-järjestelmästä. Lipaston mukaista ko. konetyypin keskimääräistä päästölukua tarkennettiin Konealuokituksen konetehotietojen perusteella. Konealuokan tyypillisen tehon sekä Lipaston keskikuormitusasteen ja ominaispäästöluvun avulla saatiin laskettua CO₂-päästökerroin, joka ilmoitettiin yksikössä kg/h.

Työkoneet:

- ✓ työkoneiden keskimääräiseksi päästökertoimeksi muodostui 24,6 kgCO₂/h
- ✓ pääkoneiden (kaivinkoneet, kuormaajat, puskutraktorit) ominaispäästöt olivat 27,0–29,6 kgCO₂/h, jyrrien ja pienkaluston selvästi alhaisempia

3.3.4 Päästöttömät panokset

Tässä selvityksessä suurimpana päästöttömänä panosryhmänä olivat henkilötyötunnit. Lisäksi jalostamattomien maa-ainesten käsittelyyn (kaivu, kuljetus ja levitys) liittyvä panoskäyttö – CO₂-päästöt – on kone- ja kuljetustyötä. Määrältään vähäiset panostekijät jätettiin huomioimatta, koska niiden vaikutus kokonaispäästöihin on merkityksetön, noin yhden prosentin luokkaa. Kyseiset panokset olivat lähinnä materiaalipanoksia, joiden CO₂-päästöjen laskeminen on työlästä ja käyttö vähäistä.

3.4 Päästölaskennan tulokset

3.4.1 Päästöt panosluonteittain

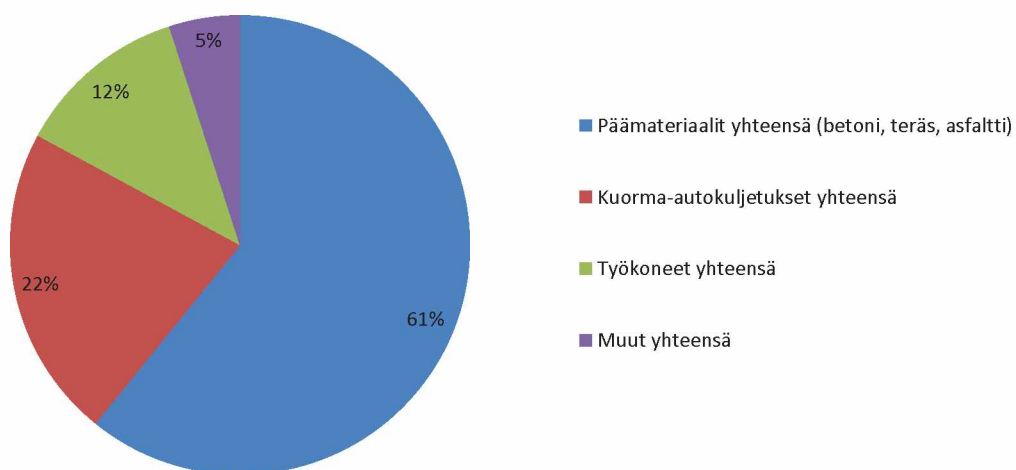
Kehä I Kivikontien eritasoliittymän hankkeen rakennusinvestoinnin päästöt ovat yhteensä 10 712 tonnia CO₂. Näistä noin 95 % muodostuu hankkeen rakentamisessa käytettävistä päämateriaaleista: betonista, teräksestä ja asfaltista sekä kuorma-autokuljetuksista ja työkoneista. Päästöosuudet on esitetty taulukossa 4 ja kuvassa 3.

Taulukko 4. Panoksen luonteen mukaan luokitellut päästöt

Panostyyppi	Päästöt kgCO ₂	
<i>Betoni yhteensä</i>	3 939 489	37 %
<i>Teräs yhteensä</i>	1 733 845	16 %
<i>Asfaltti yhteensä</i>	844 462	8 %
Päämateriaalit (betoni, teräs, asfaltti) yhteensä	6 517 796	61 %
Kuorma-autokuljetukset yhteensä	2 362 947	22 %
Työkoneet yhteensä	1 296 974	12 %
	10 177 716	
Maa-jaloste yhteensä	327 190	3 %
Muovi yhteensä	109 024	1 %
Puu yhteensä	41 657	0,4 %
Muu materiaali yhteensä	32 435	0,3 %
Sähkötuote yhteensä	15 436	0,1 %
Alumiini yhteensä	7 771	0,1 %
Sekalaiset yhteensä	416	0,004 %
Henkilötyö yhteensä	0	0,0 %
Päästöt yhteensä	10 711 646	

95 % kokonaispäästöistä

5 % kokonaispäästöistä



Kuva 3. Panoksen luonteen mukaan luokiteltujen päästöjen osuus.

3.4.2 Päästöt rakennusosittain (InfraRYL 100-taso)

Rakennusosittain tarkasteltuna päästöt kohdentuvat kahteen merkittävään kokonaisuuteen:

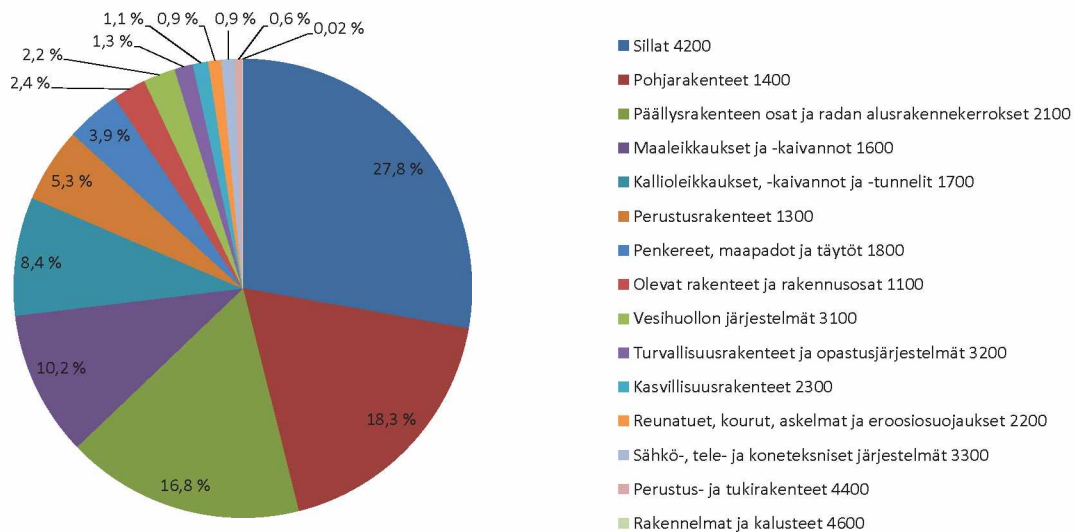
- ✓ runsaasti materiaaleja sisältävät rakennusosat, joita tässä tiehankkeessa ovat sillat, pohja- ja perustusrakenteet sekä päällysteet. Niiden materiaalipanoksiin sisältyy yhteensä noin 60 % kokonaispäästöistä, sekä
- ✓ tavanomaiset tie- ja katurakennusosat (poistettavat kasvillisuudet/pintamaat/ rakenteet, maa- ja kallioleikkaukset ja penkereet, rakennekerrokset, päällysteet). Niiden konetyöhön ja kuljetuksiin sisältyy yhteensä noin 31 % kokonaispäästöistä.

Tässä hankkeessa 3000-sarjan järjestelmien (vesihuolto, turvallisuus ja sähkö) merkitys oli vähäinen (4,4 % kokonaispäästöistä).

Päästöiltään merkittävimpiä materiaalipanoksia olivat siltojen valmisbetoni ja teräsket, pohjarakenteissa pilaristabiloinnin sementti sekä asfalttipäällysteiden asfalttimassa. Taulukossa 5 ja kuvassa 4 on eriteltyä hankkeen päästöt rakennusosien (InfraRYL 100-taso) mukaan.

Taulukko 5. Hankkeen CO₂-päästöt rakennusosien (InfraRYL 100-taso) mukaan.

Luokka	kgCO ₂ 20000- 29999 Koneet	kgCO ₂ 30000- 39999 Kuljetukset	kgCO ₂ 40000- 50000 Materiaalit	kgCO ₂ Yhteensä	
Sillat 4200	50 301	91 644	2 843 475	2 985 000	27,9 %
Pohjarakenteet 1400	49 108	2 345	1 911 035	1 962 000	18,3 %
Päällysrakenteen osat ja radan alusrakennekerrokset 2100	291 470	378 950	1 133 016	1 803 000	16,8 %
Maaleikkaukset ja -kaivannot 1600	239 313	851 764	5 151	1 096 000	10,2 %
Kallioleikkaukset, -kaivannot ja -tunnelit 1700	369 941	527 387	0	897 000	8,4 %
Perustusrakenteet 1300	8 397	38 763	518 361	566 000	5,3 %
Penkereet, maapadot ja täytöt 1800	101 583	205 255	106 847	414 000	3,9 %
Olevat rakenteet ja rakennusosat 1100	116 609	137 254	351	254 000	2,4 %
Vesihuollon järjestelmät 3100	18 506	3 410	218 054	240 000	2,2 %
Turvallisuusrakenteet ja opastus- järjestelmät 3200	20 204	5 414	116 766	142 000	1,3 %
Kasvillisuusrakenteet 2300	50 480	16 140	47 953	115 000	1,1 %
Reunatuet, kourut, askelmat ja eroosiosuojaukset 2200	10 902	17 403	71 976	100 000	0,9 %
Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät 3300	10 562	13 923	73 303	98 000	0,9 %
Perustus- ja tukirakenteet 4400	26 097	6 557	25 933	59 000	0,6 %
Rakennelmat ja kalusteet 4600	188	51	1 300	2 000	0,02 %
Yhteensä	1 363 661	2 296 259	7 073 521	10 712 000	
	12,7 %	21,4 %	66,0 %		



Kuva 4. Hankkeen CO₂-päästöjen osuus rakennusosien (InfraRYL 100-taso) mukaan.

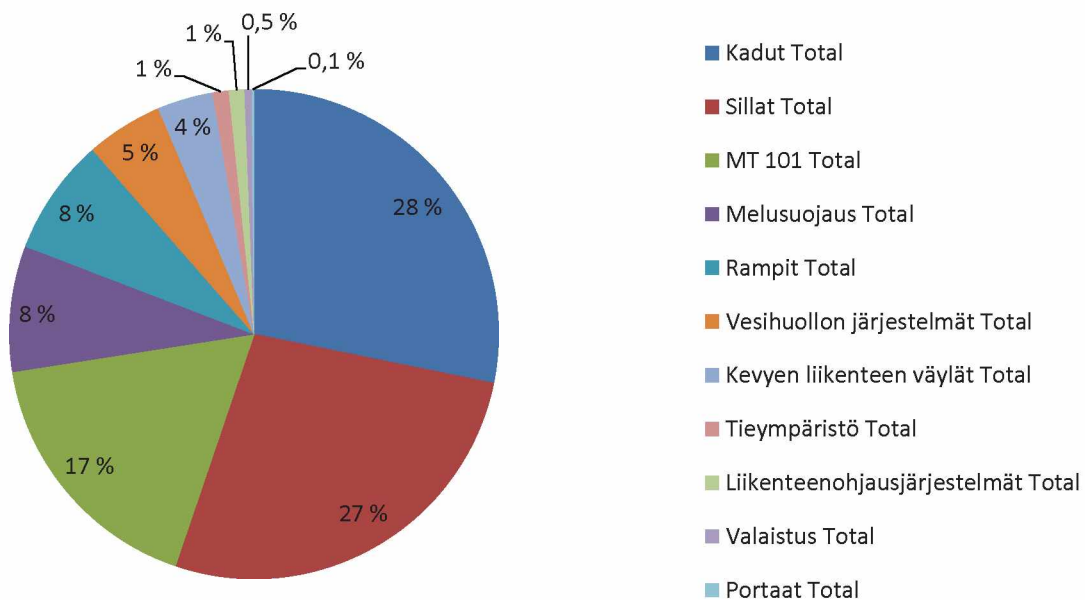
3.4.3 Päästöt hankeosittain

Hankeosalla tarkoitetaan tässä selvityksessä suunnittelijan käyttämää hankkeen osittelua (vrt. taulukot 1 ja 2). Hankeosilla ei siis viitata Infra 2006- nimikkeistön mukaisiin hankeosiin.

Hankeosista päästöiltään merkittävin kokonaisuus oli kadut noin 28 % osuudella, seuraavana sillat 27 % ja Mt 101 ramppeineen noin 25 %. Kokonaiskuvaan vaikuttaa myös suunnitelmien ja kustannuslaskennan osittelutapa. Tarkemmin jaoteltuna hankeosat näkyvät oheisessa taulukossa 6 ja kuvassa 5 suuruusjärjestyksessä.

Taulukko 6. Hankeosien mukaan jaotellut päästöt

Hankeosa	Päästöt kgCO ₂	
Kadut	3 021 290	28 %
Sillat	2 892 739	27 %
MT 101	1 855 440	17 %
Melusuojaus	888 489	8 %
Rampit	827 982	8 %
Vesihuollon järjestelmät	542 202	5 %
Kevyen liikenteen väylät	392 552	4 %
Tieympäristö	114 573	1 %
Liikenteenohjausjärjestelmät	109 588	1 %
Valaistus	51 712	0,5 %
Portaat	15 080	0,1 %
Hankeosat yhteensä	10 711 646	100 %

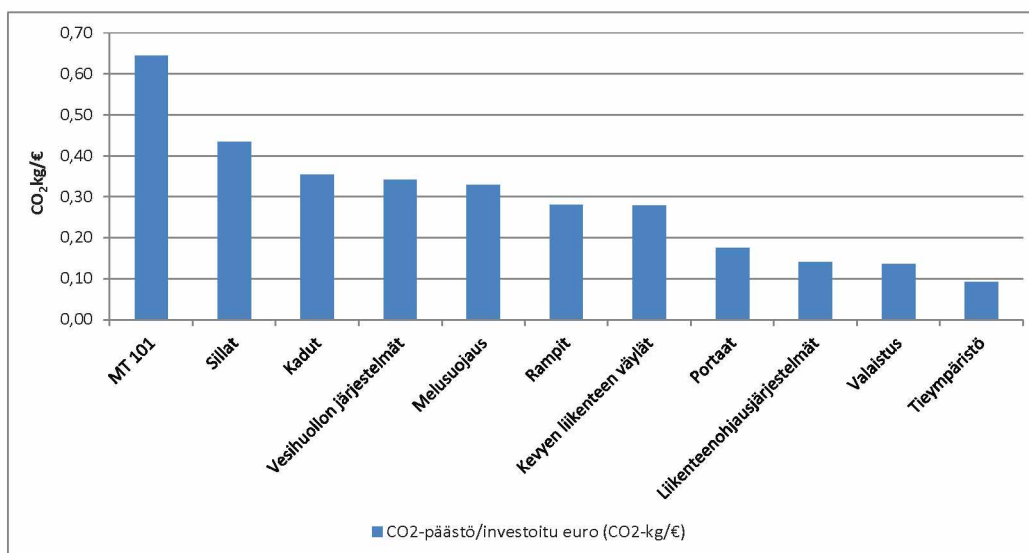


Kuva 5. Päästöjen osuus hankeosittain.

3.4.4 Päästöt investointikustannusten suhteessa

Päästöt voidaan myös suhteuttaa investoinnin kustannuksiin. Tässä hankkeessa investoitua euroa kohden CO₂-päästöjen määrä oli työmaatehtävät mukaan lukien **0,37 kgCO₂/€**. Kyseiset kustannukset kattavat rakennusosat ja työmaatehtävät, joten ne vastaavat urakkahintaa. Kustannusarviossa työmaatehtävien (Infra-nimikkeistön pääryhmät 5100–5500) osuus on 21 %. Ilman työmaatehtäviä keskimääräinen päästö euroa kohden oli 0,44 kgCO₂/€.

Kuvassa 6 on esitetty hankeosittain CO₂-päästöt suhteutettuna investoinnin suuruuteen (euroa). Hankeosista MT 101:n ja Siltojen CO₂-päästöt ovat suhteellisesti suurimmat. MT 101:n osuus investoinnista on noin 10 %, mutta osuus päästöistä on noin 17 %. Suuret päästöt johtuvat sekä pilaristabiloinneista että paksuista päällysteistä. Siltojen osuus kustannuksista on noin 23 % ja osuus päästöistä on noin 27 %. Suuret päästöt johtuvat erityisesti materiaalipanoksista kuten valmisbetonista ja teräksistä.

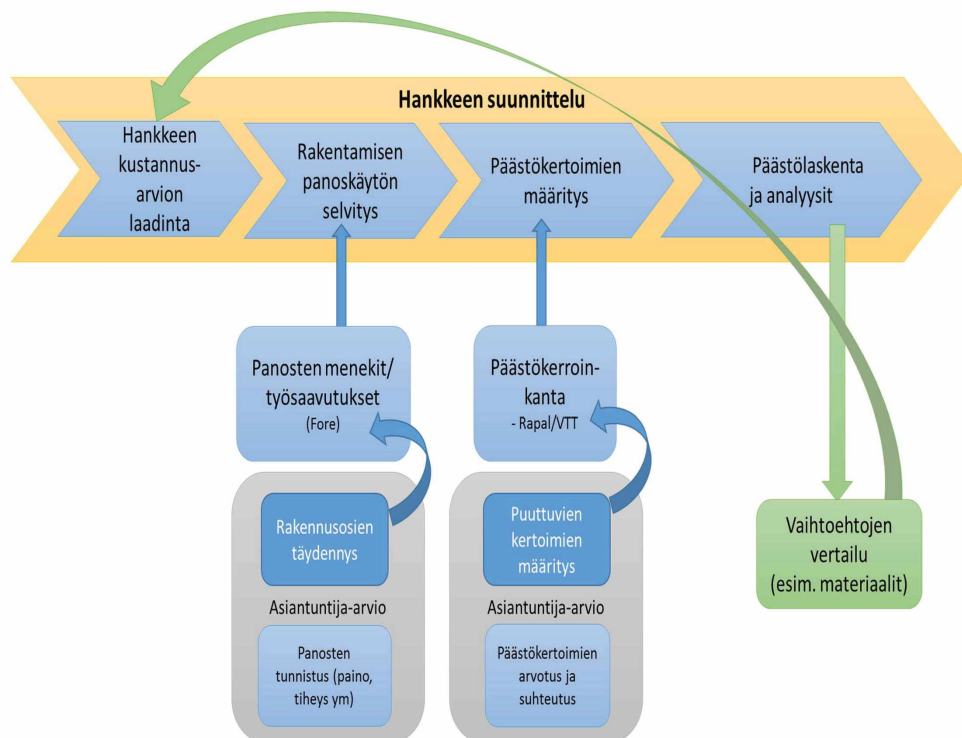


Kuva 6. CO₂-päästö/euro hankeosittain (sisältäen työmaatehtävät).

4 Panospohjaisen laskennan prosessikuvaus

Panospohjaisen CO₂-laskennan prosessi jaetaan lähtökohtaisesti neljään päävaiheeseen: hankkeen kustannusarvion laskentaan, rakentamisen panoskäytön selvitykseen, päästökertoimien määrittämiseen ja päästölaskentaan. Prosessi alkaa suunnittelijan laatimasta hankkeen kustannusarviosta. Tässä laskennassa kustannusarvio on viety Fore-järjestelmään. Kustannusarvion pohjalta hankkeen rakennusosat pystytään Foressa purkamaan erityyppisiin panoksiin ja niiden käyttömääriin. Tässä vaiheessa asiantuntija määrittää käytettyjen ja merkittävien materiaalien ominaisuudet (esimerkiksi paino ja tiheys), jotta päästökertoimien yksiköt pystytään määrittämään oikein. Lisäksi tässä vaiheessa järjestelmään voidaan täydentää rakennusosien tietoja, jos päästöjen laskennan tarkkuus tätä edellyttää.

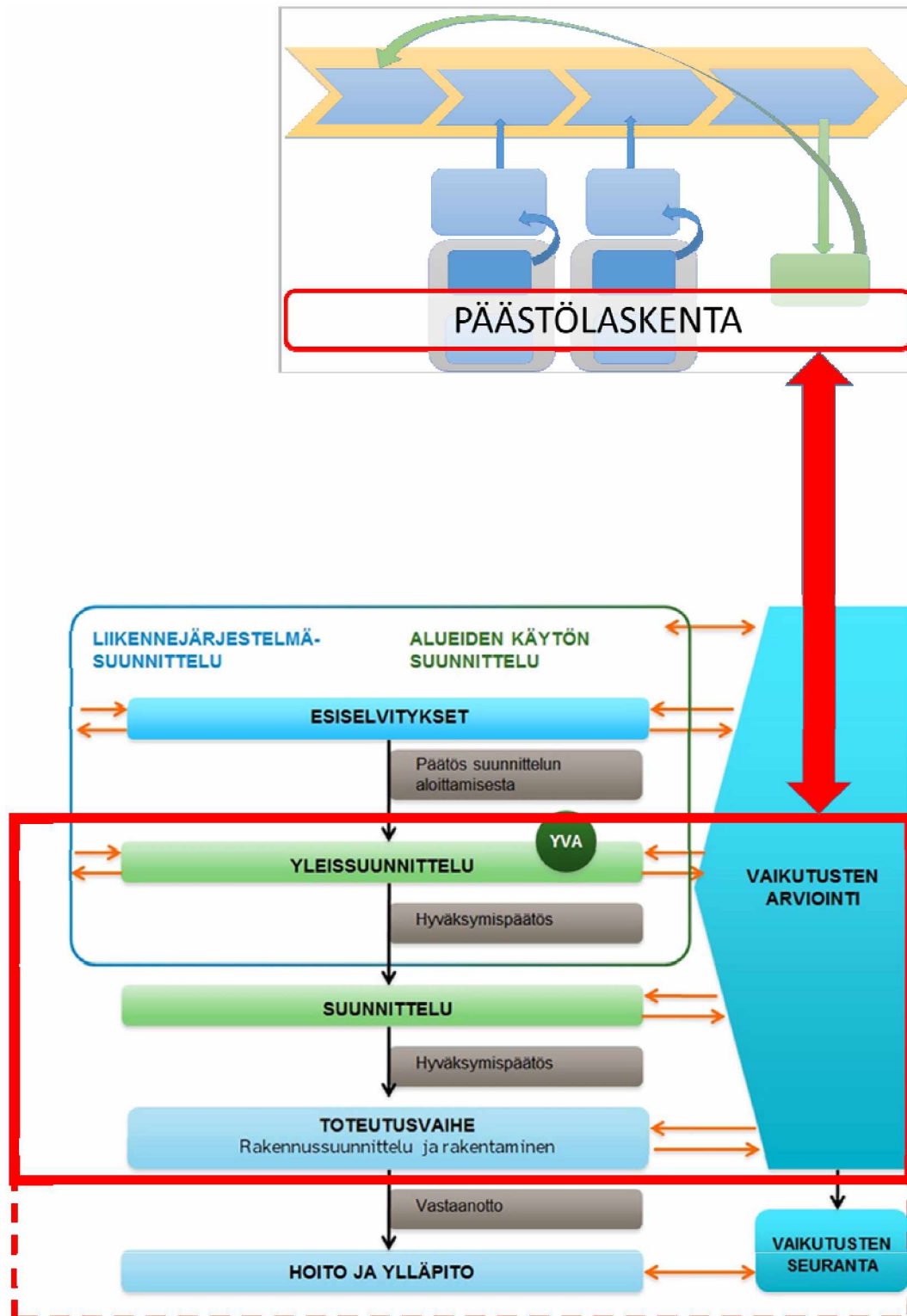
Päästökertoimille on tässä laskennassa olemassa päästökerroinkanta, jota tarvittaessa päivitetään vastaamaan laskettavan hankkeen rakennusosia. Näiden määrittämisen jälkeen suoritetaan päästölaskenta, joka voidaan jaotella eri laskentaosien mukaan esimerkiksi hankeosiin tai rakennusosiin. Laskentavaiheessa voidaan määrittellä päästöt myös vaihtoehtoisille materiaaleille, jolloin päästöjen vertailu on mahdollista eri rakennusmateriaalien valintojen perusteella. Mikäli näiden perusteella nousee esiin merkittäviä vaihtoehtoja, voidaan suunnitteluprosessissa palata vielä tarkentamaan hankkeen kustannusarviota uusilla panoksilla. Panospohjaisen laskennan prosessikuvaus on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Hankkeen päästölaskentaprosessi

Hankkeen päästölaskentaprosessi voi sisältyä useampaan osaan liikennejärjestelmän ja alueiden käytön suunnittelussa. Suunnittelu- ja rakennusvaiheen lisäksi päästölaskennan hyödyntäminen hankkeen hoidossa ja ylläpidossa olisi myös suositeltavaa ympäristölle optimaalisten ylläpitomateriaalien ja -vaihtoehtojen löytämiseksi. Tässä pilottiprojektissa muodostettu hankkeen päästölaskentaprosessi on liitetty kuvassa 8 Liikenneviraston muodostamaan liikenteen, maankäytön ja alueiden suunnitteluprosessiin. Foreen perustuvan päästölaskentaprosessin voi suorittaa hankkeen edetessä ja suunnitelmien tarkentuessa aina uudelleen parhaan mahdollisen tiedon perusteella. Näin jokaisessa suunnittelun ja jopa itse toteutuksen vaiheessa on mahdollisuus valita optimaalisimmat suunnitteluratkaisut myös ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna.

Tässä projektissa päästölaskenta on tehty rakennusosalaskelman perusteella. Jatkoa ajatellen myös hankeosalaskelmien päästöjen laskenta olisi hyödyllistä ottaa tarkasteluun prosessien kehittämiseksi.



Kuva 8. Hankkeen päästölaskentaprosessi Liikenneviraston liikenteen, maankäytön ja alueiden suunnitteluprosessissa.

5 Ideointia päästöjen vähentämiseksi – työpajan yhteenveto

Hiilijalanjätkälaskennan lisäksi Kivikontien eritasoliittymään liittyen järjestettiin työpaja, jossa teemana oli päästöjen vähentäminen. Aihetta käsiteltiin kahdelta suunnalta: tarkastelemalla toimenpiteitä itse rakennustyön päästöihin vaikuttamiseksi sekä tarkastelemalla liikennejärjestelyjen vaikutusta liikenteen päästöihin. Toimenpiteet investoinnin päästöihin vaikuttamiseksi miellettiin liikennejärjestelyitä merkittävämmäksi. Erityisesti suunnittelun merkitys korostui joka vaiheessa. Mitä varhaisemmassa vaiheessa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen otetaan suunnittelussa tavoitteeksi, sitä suurempi mahdollisuus niihin on vaikuttaa. Erilaisten pilottien kautta voidaan etsiä optimaalisia tapoja päästä vähähiilisiin tuloksiin. Työpajassa korostettiin johdon sitoutumista ympäristöasioihin CO₂-päästöjen vähentämiseksi.

Hankkeen toteutusvaiheessa päästöihin voidaan vaikuttaa mm. valitsemalla ratkaisuja, joissa työkoneet ovat vähäpäästöisiä, niiden käyttö on tehokasta, hukka-ajat on minimoitu ja hankkeen massansiirrot ja kuljetusmatkat (sisäiset ja ulkoiset) optimoitu. Päästöjen vähentämiseksi hankkeessa tulisi valita vähäpäästöisiä ja paikallisia materiaaleja ja käyttää kierrätysmateriaaleja. Materiaalihukka tulisi minimoida. Työnaikaisen liikenteen tulisi olla sujuvaa ja ylimääräisiä rakennusvaiheita tulisi välttää.

Rakentamisen aikaisten liikennejärjestelyjen vaikutukset liikenteen päästöihin osoittautuivat haasteellisiksi erilaisten vaihtoehtosimulointien puuttuessa laskennan pohjalta. Simulointiosaamista tulee olla saatavilla laskentaprojektin toteutuksessa, jotta realistisia ja vertailukelpoisia vaihtoehtoja rakentamisen aikaisten liikennejärjestelyjen tarkastelulle pystytään löytämään. Työpajan aikana pohdittiin rakentamisen liikenteenaikaisille järjestelyille merkittäviä tekijöitä. Suunnittelun tärkeys nousi jälleen vahvasti esiin. Liikennevirastolla on tilaajana mahdollisuus vaikuttaa hankkeen suunnittelijoiden sekä urakoitsijan valintoihin asettamalla vaatimuksia jo kilpailutusvaiheessa.

Työpajan merkittävimpiä tuloksia CO₂-laskennan huomioinnista hankkeissa, on jaoteltu alla olevaan SWOT-taulukkoon (Taulukko 7). Työpajan tuloksia on luettavissa tarkemmin liitteessä 3.

<p>Vahvuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Laskenta tuo vertailukelpoisuutta ja lukuja päätöksenteon pohjaksi ➤ Forea hyödyntävästä CO₂-laskennasta voi kehittää standardin ➤ Alalle syntyy konkreettisia työkaluja pilotoitien avulla 	<p>Heikkoudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tällä hetkellä liian monia CO₂-laskentatapoja ➤ Vähähiiliset hankkeet mielletään usein kalliiksi ➤ Työnaikaisten liikennemäärien arviointi vaikeaa
<p>Mahdollisuudet</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Johdolla on vahva sitoutuminen ympäristöpolitiikkaan ja strategiaan ➤ Päästöjen vähentäminen otetaan tavoitteeksi ja osaksi hankearviointia ➤ CO₂-laskenta saadaan standardoitua ➤ Ympäristömyönteiset innovaatiot lisääntyvät sitouttamalla mm. urakoitsijoita ➤ Syntyy uusia yhteistyöhön perustuvia hankintamalleja, joissa ympäristöasioilla vahva painoarvo 	<p>Uhat</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Liikaa byrokratiaa ja tiukentuvia CO₂-säännöksiä, jotka aiheuttavat muutosvastarintaa

Taulukko 7. Työpajan tuloksia arvioitaessa CO₂-laskentaa hankkeessa.

6 Hiilijalanjäljen laskennan hyödyntäminen

Liikennepoliittisessa selonteossa on linjattu, että taloudellisten tekijöiden rinnalla hankkeiden vaikuttavuutta ja toteutettavuutta tulisi arvioida laajemmin ottamalla huomioon hankkeiden ympäristö- ja sosiaaliset vaikutukset. Merkittävä este tälle ja tässä raportissa esitetylle hiilijalanjäljen laskennan hyödyntämiselle on, että laskentamenetelmät eivät ole vakiintuneita ja tulos voidaan aina kyseenalaistaa. Ensimmäiseksi tulisikin päättää

- a. miten päästöjen vähentäminen otetaan huomioon hankkeiden valmistelussa ja toteutuksessa (strategia),
- b. miten laskenta suoritetaan ja
- c. mihin tietoaistoihin laskenta perustuu.

Tämän raportin luvussa 4 on esitetty malli hiilijalanjäljen laskennalle investointihankkeessa. Malli soveltuu käytettäväksi myös kunnossapidon CO₂-päästöjen arvioinnissa.

6.1 Kestävän kehityksen näkökulma arvioinnissa

Kestävän kehityksen näkökulmasta (ympäristö, taloudellinen, sosiaalinen) arvioimista tapahtuu muun muassa YVA-arvioinneissa ja hyöty-kustannussuhdetta laskettaessa. Haasteeksi muodostuu kuitenkin näkökulmien kattavuus, mitattavuus ja arvottaminen, jota on pyritty ratkaisemaan esimerkiksi hyöty-kustannussuhteen laskentaa ja painotusta kehittämällä. Nykykäytännössä YVA ottaa huomioon ympäristö- ja sosiaaliset näkökohdat asettamalla suunnittelulle ja toteutukselle reunaehdot ja suuntaviivat. Hyöty-kustannussuhteen laskenta *mitallistaa ja painottaa* näkökulmia laskennassa käytettävien nimikkeiden määrien ja niiden euromääraisten hyötyä tai haittaa mittaavien kustannusten kautta. Se, miten suureksi tai pieneksi esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen tai aikasäästöjen yksikkökustannukset valitaan, määrittää käytännössä niiden painon hyöty-kustannus -tarkastelussa. Se määrittää myös niiden arvon tarkastelijan näkökulmasta. Nykykäytännön mukaan liikenneväylähankkeiden hyöty-kustannussuhteeseen vaikuttavat eniten saavutettavat aikasäästöt, turvallisuus ja investointikustannus.

6.1.1 Hiilidioksiditonnin hinta

Päästöoikeuksien kauppa on Euroopan komission ilmastopolitiikan keskeisin työkalu päästöjen vähentämiseksi. Kun päästökauppa aloitettiin vuonna 2005, oli hiilidioksiditonnin hinta noin 30 euroa. Päästöt eivät kuitenkaan ole laskeneet toivotulla tavalla, vaan ne ovat kasvaneet. Kansainvälinen energiajärjestö IEA arvioi vuosiraportissaan, että EU:n päästöoikeuksien hinnan tulisi vuonna 2020 olla 35 euroa hiilidioksiditonnilta sekä 90 euroa vuonna 2035, ja säädösten tulisi olla tehokkaasti tähän hinnoiteltuun ohjaavia, jotta ilmakehän lämpötila ei ylittäisi kriittiseksi määriteltyä kahden asteen nousua. (IEA: 2012.)

Huutokaupattavien päästöoikeuksien hinta oli 2013 keväällä noin kolme euroa hiilidioksiditonnia kohden ja marraskuun alussa noin 4,5 euroa. Maailman energijärjestö IEA (2012) on arvioinut maailman päästöjen puolittamisen vuoteen 2050 mennessä maksavan keskimäärin jopa yli sata dollaria vähennettyä hiilitonnia kohden, ja useat tahot ovatkin esittäneet että tämä asettaa riittämättömyyden haasteen tämän hetken päästökaupan hiilidioksiditonnin hinnalle. Liian alhaisen hinnan ohjausvaikutus katoaa, eivätkä päästöjen vähennykset realisoitu.

6.2 Ajatuksia CO₂-laskennan hyödyntämisestä suunnittelun vaiheessa

Työn aikana ilmeni, että on haasteellista saada aikaan konsensus siitä, mitkä ovat käytettävät menetelmät ja yksikköpäästöt. Ne voidaan kyseenalaistaa, koska ne ovat pääosin laskennallisia eikä niitä voida yleensä konkreettisesti todentaa. Sama asia pätee kustannuslaskentaan, joka on tässä raportissa esitetyn menetelmän pohjana. Menetelmät ja hinnastot voidaan aina kyseenalaistaa.

Jotta asiassa päästäisiin eteenpäin, tulee *tilaajan* tehdä päätös sovellettavista menetelmistä, niiden perusteista ja siitä, mitä suunnittelulta ja toteutukselta ympäristönäkökulmasta edellytetään. Päätös tulee tehdä konkreettisella tasolla, jolloin se luo aitoa kysyntää ja ohjaa palveluntarjoajien tarjontaa. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että tilaaja on tehnyt päätöksen Fore -järjestelmän käyttöönotosta *kustannuslaskennassa*. Tämä on nopeasti ohjannut markkinoita päätöksen viitoittamaan haluttuun suuntaan.

6.2.1 Nykyiset toimintatavat

YVA-menettely

YVA -menettelyn yhtenä tarkoituksena on tuottaa tietoa hankkeen ympäristövaikutuksista päätöksenteon perustaksi ja varmistaa, että vaikutukset selvitetään riittävällä tarkkuudella silloin, kun hanke aiheuttaa merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia.

Väylähankkeen päästöjä ja ilmastovaikutuksia arvioidaan YVA -menettelyssä usein liikenteen päästöjä laskemalla ja arvioimalla. Liikenne tuottaa noin 20 % Suomen kasvihuonepäästöistä. Vaikka esimerkiksi tieinfrastruktuurin osuus koko liikenneverkon hiilijalanjäljestä on 7 %, infrastruktuurin kasvihuonekaasujen vähentämisellä on merkitystä, kun väylän koko elinkaarta ja vaikutuksia tarkastellaan pitkällä aikavälillä. Liikennevirastolla on vastuu vähentää infrastruktuurin elinkaaren aikaisia päästöjä.

YVA -menettelyssä arvioidaan ja tuotetaan tietoa hankkeen ja sen vaihtoehtojen merkittävimmistä vaikutuksista päätöksenteon tueksi. Panospohjainen CO₂ -laskenta on yksi vaihtoehto päästöjen laskennan työkaluksi. Tässä työssä ei kuitenkaan tunnistettu laskennan tuomia lisähyötyjä itse YVA-menettelyn lopputulokseen. Laskennan hyödyt saattava näkyä vasta myöhemmin suunnittelun seuraavissa vaiheissa kuten ratkaisujen valinnassa. Liikennevirasto tulisi selvittää ne realistiset työkalut ja keinot, joilla on mahdollista vähentää infrastruktuurin osuutta liikenneverkon hiilijalanjäljestä.

Hyöty-kustannussuhde

Laskettaessa hyöty-kustannussuhdetta (H/K-suhde) otetaan huomioon myös ympäristövaikutukset. Laskennan lopputulos on kuitenkin enemmän toteava kuin ohjaava. Hankkeissa, joissa vertaillaan useampia vaihtoehtoisia ratkaisuja (esim. väylien linjatukset) H/K-suhteella on myös ohjaava vaikutus. Kun vaihtoehto on valittu ja suunnittelu etenee, ei H/K-suhdetta yleensä enää päivitetä, jolloin sen ohjausvaikutus häviää.

6.2.2 Hankkeen tavoitteet ja ohjaus

Tässä raportissa esitetyllä CO₂-laskennan menetelmällä ja prosessilla voidaan laskea tavoite hankkeen hiilijalanjäljelle. Laskenta suoritettaisiin käytännössä Fore -palvelun hankeosalaskelmaan kehitetyllä Hola -ohjelmistolla kustannuslaskennan yhteydessä. Hankkeen Holalla laadittu kustannusarvio hajotettaisiin panoksiin. Panosten käyttö saadaan Holan kustannusmalleista ja kertomalla käyttö panoksittain saadaan tavoite hankkeen hiilijalanjäljelle. Hola -ohjelmistossa ei tällä hetkellä ole sovellusta hiilijalanjäljen laskennalle, joten prosessi vaatii toistaiseksi paljon käsityötä.

Hiilijalanjäljen tavoite voidaan esittää useissa eri muodoissa, joista on esimerkkejä tämän raportin aikaisemmissa luvuissa. Vaihtoehto sopivaksi tunnusluvuksi ohjauksen näkökulmasta voisi olla **CO₂kg/investoitu €**. Alla on esitetty perusteet tunnusluvun käytölle.

1. Tarvitaan yksinkertainen tunnusluku, (KPI, Key Performance Indicator), joka huomioi hankkeen ohjauksessa ympäristönäkökohdat – tässä tapauksessa päästöt.

- ✓ *Tunnusluku $\text{CO}_2\text{kg/investoitu €}$ on helppo laskea.*
- ✓ *Menetelmät sen laskemiseen ovat olemassa.*
- ✓ *Se voidaan laskea eri suunnitteluvaiheissa.*
- ✓ *Se voidaan laskea kaikista investointihankkeista.*
- ✓ *Jos KPI lasketaan suuresta määrästä hankkeita, saadaan kokonaiskuva investointien aiheuttamasta hiilijalanjäljestä ja sen kehityksestä ajassa.*

2. Tunnusluku yhdistää ympäristö- ja talousnäkökulmat

Esimerkki 1: *Hankkeen kustannuksia saadaan alennettua. Mikäli hankkeen hiilijalanjälki pysyy samana tai nousee, KPI nousee. Tässä tapauksessa kustannusohjauksella vaikutetaan myös hiilijalanjälkeen etsimällä ekotehokkaita ratkaisuja.*

Esimerkki 2: *Hankkeen hiilijalanjälki pysyy samana, mutta kustannukset kasvavat, jolloin KPI laskee. Tässä tapauksessa kustannukset tulee ohjata tavoitteeseen.*

Esimerkki 3: *Hankkeen hiilijalanjälki laskee, mutta kustannukset kasvavat, jolloin KPI laskee. Tässä tapauksessa kustannukset tulee ohjata tavoitteeseen tai hyväksyä kustannusten nousu ympäristötavoitteiden toteutumisen hintana.*

Tunnuslukua ei voi käyttää absoluuttisena lukuna. Ei myöskään voida sanoa, kuten esimerkeistä huomataan, että absoluuttisesti tavoitetta suurempi tai pienempi arvo on parempi ympäristönäkökulmasta. Tunnuslukuja vertailtaessa kustannukset on laskettava aina samassa hintatasossa. KPI:n arvon muutokset ja syyt niihin ovat tärkeitä kuin niiden suunta. Mitattavia tunnuslukuja tulee kehittää edelleen siten, että ne vastaavat paremmin ympäristöjohtamisen ja tulosohjauksen tarpeita. Tämä edellyttää laskentamenetelmien ja tietoaisteistojen kehitystä sekä tilaajan vahvaa sitoutumista hankkeen ohjaukseen ympäristönäkökulmasta.

6.2.3 Hiilijalanjäljen laskenta eri suunnitteluvaiheissa

Suunnitteluvaiheilla tarkoitetaan tässä hankkeen vaiheita esiselvityksien jälkeen (ks. kuva 8). Tässä pilottihankkeessa laskettiin Kehä I:n parantamisen hiilijalanjälki Kivi-konttien eritasoliittymän kohdalla. Samoja työkaluja, tietoaineistoja ja laskenta-prosessia voidaan käyttää kaikissa hankkeissa ja kaikissa suunnitteluvaiheissa, joista on olemassa suunnitelmat, joista voidaan tehdä rakennusosien määramittaus.

6.3 CO₂-laskennan hyödyntäminen toteutuksessa

6.3.1 Päästöihin vaikuttaminen

Hankkeen hiilidioksidipäästöjen suuruus määritellään suurimmaksi osaksi suunnittelussa, mutta päästöjen realisoituminen ja tarkentuminen tapahtuu kuitenkin vasta hanketta rakennettaessa.

Toteutusta hankittaessa ja hanketta rakennettaessa päästöihin voidaan vaikuttaa suosimalla ratkaisuja, joissa:

- 1) Työkoneet ovat vähäpäästöisiä
- 2) Työkoneiden käyttö on tehokasta, hukka-ajat minimoidaan
- 3) Optimoidaan hankkeen massansiirrot ja kuljetusmatkat (sisäiset ja ulkoiset)
- 4) Valitaan vähäpäästöisiä ja paikallisia materiaaleja, jos mahdollista
- 5) Käytetään kierrätysmateriaaleja, jos mahdollista
- 6) Materiaalien käyttö on tehokasta, hukka minimoidaan
- 7) Työnaikainen liikenne on sujuvaa
- 8) Haitallista hiilidioksidia sitoutuu suunniteltua enemmän tai rakennetaan suunniteltua vähemmän (työnaikainen suunnittelu)

6.3.2 Päästöjen vähentämisen periaate hankinnassa

Hankkeen päästötavoite päätetään suunnitteluvaiheessa. Kuten kustannustenkin osalta tavoitteen tulisi olla realistisen tiukka. Hankinnassa ja toteutuksessa tulisi olla riittävästi vaihtoehtoja tavoitteen saavuttamiseksi. Ratkaisuja etsiessä voi hyödyntää mm. kohdan 6.3.1. listaa.

Hankintavaiheessa tulee suosia hankintamenettelyjä, joissa vähäpäästöisyys korostuu. Tämä varmistetaan ottamalla hiilijalanjälki tai yleisemmin ympäristöasiat vahvemmin osaksi hankintaperusteita. Ympäristöperusteisten mittareiden kehittäminen on kuitenkin hankalaa. Esimerkiksi Ruotsissa on todettu, että haasteeksi muodostuu vaatimus tarjoajien tasapuolisesta kohtelusta (hankintalaki) ja objektiivisuudesta. Haasteista huolimatta mittareiden kehittämistä tulisi jatkaa.

On todettu, että allianssi- ja PPP-hankintamalleissa ympäristöasiat huomioidaan aiempaa paremmin. Ko. hankintamalleissa tilaajilla, tuottajilla, suunnittelijoilla ja mahdollisesti muillakin sidosryhmillä on yhteinen intressi asian edistämiseen. Tämä edellyttää, että vaikuttaminen ympäristöasioihin otetaan yhteiseksi tavoitteeksi.

6.3.3 Päästöjen vähentämisen periaate toteutuksessa

Päästöt realisoituvat hankkeen toteutusvaiheessa. Haasteeksi muodostuu päästöjen mittaaminen ja todentaminen suunniteltuun tai tavoiteltuun nähden. Käytännössä tämä voidaan osoittaa vain laskennallisesti. Toteuttajalla on tässä vaiheessa kaikki informaatio yksityiskohtaisen laskennan suorittamiseksi. Mikäli käytetään hankintamenettelyä, jossa tilaajalla on tämä tieto käytössä, laskenta voidaan suorittaa objektiivisesti tässä raportissa esitettyä menetelmää soveltaen. Tilaaja voi halutessaan ohjata urakoitsijaa ottamaan käyttöön ympäristöystävällisempiä toteutusratkaisuja.

6.3.4 Menetelmän kehittäminen

Hankinnan ja toteutuksen tarpeisiin tulisi esitettyä laskentamenetelmää kehittää yksityiskohtaisemmaksi (ns. deterministinen laskenta). Menetelmässä tulisi kohdistaa huomio panosten yksikköpäästöihin ja niiden käyttöön osana rakennus- ja tuotanto-osien panosrakenteita.

Tässä raportissa esitetyllä menetelmällä voidaan tuottaa minkä tahansa suunnitelman pohjalta listaus hankkeessa käytetyistä panoksista, niiden käytöstä ja niiden oletetuista yksikköpäästöistä. Listausta perustuu tässä käytetyn Fore-järjestelmän kustannusmallien oletuksiin. Tätä listausta voidaan käyttää verrattaessa toteutunutta hiilijalanjälkeä suunniteltuun.

7 Yhteenveto

Tässä työssä pilotoitiin uusi hiilijalanjälkilaskentamenettely Liikenneviraston investointihankkeelle. Kohteena oli Kehä I:n liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla. Projektissa laskettiin hankkeen investoinnin CO₂-päästöt Forekustannuslaskentajärjestelmän pohjalta. Laskennassa jätettiin huomioimatta joitain yksittäisiä määrältään pieniä rakennusosia, joiden panosrakenteen selvitys ei enää olisi parantanut laskennan kattavuutta ja luotettavuutta. Merkittävimmät päästökertoimet on määritetty Rapal Oy:n ja VTT:n yhteistyössä vuosina 2009 ja 2010 ja näitä päivitettiin tarvittaessa vastaamaan kyseessä olevan hankkeen materiaaleja ja kalustoa. Päästökertoimet valittiin tilanteeseen soveltuviksi asiantuntija-arvioiden perusteella.

Eritasoliittymähankkeen kokonaispäästöt olivat 10 712 tCO₂. Hankkeen kokonaispäästöt esitettiin panosluonteen ja hankeosien mukaan, sekä esitettiin investoinnin kustannusten suhteessa. Panosluonteen mukaan tarkasteltaessa havaittiin, että noin 95 % päästöistä muodostuu hankkeen rakentamisessa käytettävistä päämateriaaleista: betonista (3 940 tCO₂), teräksestä (1 730 tCO₂) ja asfaltista (840 tCO₂) sekä kuorma-autokuljetuksista (2 360 tCO₂) ja työkoneista (1 300 tCO₂). Kun hankkeen laskelmaa tarkasteltiin hankeosien mukaan, päästöiltään merkittävin kokonaisuus oli kadut noin 28 %, seuraavaksi suurin hankeosaryhmä sillat, 27 % ja Mt 101 rampeineen, noin 25 %. Kokonaiskuvaan vaikuttaa myös suunnitelmien ja kustannuslaskennan osittelutapa. Päästöt voidaan myös suhteuttaa investoinnin arvoon: Keskimäärin tässä hankkeessa investoitua euroa kohden CO₂-päästöjen määrä oli 0,37 kgCO₂/€ (sis. rakennusosien hinnat ja työmaatehtävät, ei tilaajatehtäviä). Laskennan ohessa laadittiin prosessikuvaus panospohjaisen CO₂-laskennan suorittamisesta investointihankkeessa.

Osana projektia järjestettiin työpaja, jossa teemana oli päästöjen vähentäminen. Aihetta käsiteltiin kahdelta suunnalta: tarkastelemalla toimenpiteitä itse rakennustyön päästöihin vaikuttamiseksi sekä tarkastelemalla liikennejärjestelyjen vaikutusta liikenteen päästöihin. Työpajassa todettiin, että mitä varhaisemmassa vaiheessa hiilidioksidipäästöjen vähentäminen otetaan hankesuunnitelmassa tavoitteeksi, sitä suurempi mahdollisuus päästöihin on vaikuttaa.

Rakentamisen aikaisten liikennejärjestelyjen vaikutukset liikenteen päästöihin tarvitsevat liikenteen simulointiosaamista. Erilaisten vaihtoehtosimulointien puuttuessa laskennan pohjalta päästöjen määrittäminen osoittautui haasteelliseksi. Laajempaa päästölaskentaa varten liikennesimuloinnin osaamista tarvitaan laskennan osaksi realististen ja vertailukelpoisten vaihtoehtojen löytämiseksi. Liikennevirastolla tilaajana on mahdollisuus vaikuttaa hankkeen suunnittelijoiden sekä urakoitsijan valintoihin asettamalla vaatimuksia jo kilpailutusvaiheessa.

Toteutusta hankittaessa ja hanketta rakennettaessa päästöihin voidaan vaikuttaa suosimalla ratkaisuja, joissa työkoneet ovat vähäpäästöisiä, niiden käyttö on tehokasta, hukka-ajat minimoidaan ja hankkeen massansiirrot ja kuljetusmatkat (sisäiset ja ulkoiset) optimoidaan. Hankkeessa tulisi valita vähäpäästöisiä ja paikallisia materiaaleja sekä käyttää kierrätysmateriaaleja, ja materiaalihukka tulisi minimoida. Työnäikaisen liikenteen tulee olla sujuvaa ja ylimääräisiä rakennusvaiheita tulee välttää.

Tämän projektin perusteella voidaan todeta, että päästölaskennan toteuttamisesta tulisi päättää tilaajan toimesta jo hankkeiden valmisteluvaiheessa. Päätökset ympäristöasioiden huomioimisesta tulee tehdä konkreettisella tasolla, jolloin ne luovat aitoa kysyntää ja ohjaavat palveluntarjoajien tarjontaa. Haasteina tässä päätöksenteossa ovat mm. näkökulmien kattavuus, mitattavuus ja arvottaminen, jota on pyritty ratkaisemaan esimerkiksi hyöty-kustannussuhteen laskentaa ja painotusta kehittämällä. Hyöty-kustannussuhteen laskenta mitallistaa ja painottaa näkökulmia laskennassa käytettävien nimikkeiden määrien ja niiden euromääraisten hyötyä tai haittaa mittavien kustannusten kautta. Se, miten suureksi tai pieneksi esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen tai aikasäästöjen yksikkökustannukset valitaan, määrittää käytännössä niiden painon hyöty/kustannus-tarkastelussa.

Työn johtopäätöksenä voidaan todeta, että tässä raportissa pilotoitua panospohjaisen CO₂-laskennan menetelmää ja prosessia voidaan hyödyntää päätöksenteossa, mikäli tilaaja on tehnyt päätöksen sovellettavista menetelmistä. Tällöin päätös luo kysyntää ja ohjaa palveluntarjoajien tarjontaa. Päästölaskennan soveltaminen onnistuu useassa hankkeen prosessin vaiheessa, ja tätä voi hyödyntää ohjauskeinona. Hankkeen ohjaukselle ympäristönäkökulmasta voidaan määrittää yksinkertainen tunnusluku, jonka avulla pystytään yhdistämään ympäristö- ja talousnäkökulmat. Ohjauksen näkökulmasta voidaan käyttää tunnuslukua CO₂kg/investoitu €. Mitattavan tunnusluvun kehitys edellyttää jatkossa laskentamenetelmien ja tietoaineistojen kehitystä sekä tilaajan vahvaa sitoutumista ja tavoitteen asettamista hankkeen ohjaukseen ympäristönäkökulmasta.

Lähteet

IEA, International Energy Agency (2012). *World Energy Outlook 2012*. IEA Publications.

ISO14040 2(006). *Ympäristöasioiden hallinta – Elinkaariarviointi – Periaatteet ja pääpiirteet*. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2012). *Kilpailukykyä ja hyvinvointia vastuullisella liikenteellä. Valtioneuvoston liikennepoliittinen selonteko eduskunnalle 2012. Ohjelmia ja strategioita-sarja. 2/2012*.

VTT (2013). *VTT LIPASTO*. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. <http://lipasto.vtt.fi/>, viitattu heinäkuu 2013

Laskennassa käytetyt päästökertoimet

Päästökertoimet määritettiin rakennusosille hyödyntäen pääasiassa Rapal Oy:n olemassa olevaa tietokantaa sekä VTT:n Lipasto-järjestelmää. Tietokannassa löytyi suu-
relle osalle materiaalipanoksista tai vastaavasta materiaalista tehdyille rakennustuot-
teelle CO₂-päästökerroin. Päästökertoimet on määritetty Rapal Oy:n ja VTT:n yhteis-
työssä vuosina 2009 ja 2010. Tarvittaessa päästökertoimia tarkennettiin valmistajilta
saatujen tuotetietojen mukaan, jotta esim eri painoisille panoksille saatiin mahdolli-
simman todenmukainen päästökerroin.

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
BETONIT	Betoni C25/30 (K30)	213,51	kg/m ³
	Betoni C28/35 (K35)	228,03	kg/m ³
	Betoni C32/40 (K40)	242,54	kg/m ³
	Betoni C35/45 (K45)	257,06	kg/m ³
	Betoni C57/70 (K70)	329,63	kg/m ³
	Betoni K-10 (maakostea)	161,00	kg/m ³
	Betonielementti, h=1m	107,96	kg/m
	Betoniputkirumpu 1000 mm CR	172,80	kg/m
	Betoniputkirumpu 1600 mm	369,78	kg/m
	Betoniputkirumpu 600 mm	62,08	kg/m
	EK225B	10,42	kg/m
	EK300B	23,13	kg/m
	EK400B	28,13	kg/m
	EK500B	43,13	kg/m
	EK600B	60,63	kg/m
	Ilmaisinkaivo	54,95	kg/kpl
	Iso noppakivi, harmaa/valkoinen, 140x140x140	5,94	kg/m ² tr
	Iso sauvakivi, betoni 278x138x80 mm, harmaa	0,82	kg/kpl
	Iso sauvakivi, betoni 278x138x80 mm, värillinen	0,82	kg/kpl
	Juotoslaasti	0,36	kg/kg
	Juotosmassa	0,36	kg/kg
	Kaivonrengas EK600, 600x1000	40,96	kg/kpl
	Kehäportaalin (ristikko) jalustat	154,00	kg/kpl
	Korokerengas, 600x100	4,10	kg/kpl
	Liikennemerkkin betoniperusta, kor- keus 700 mm	5,06	kg/kpl
	Noppakivi, graniitti 100x100x100, harmaa	11,60	kg/m ²
	Perustukset pysäkkikatokselle	57,20	kg/kpl
	Pohjarengas EK600, 600x750	36,96	kg/kpl
	Pulttien sementti	1,88	kg/m

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Pylväsjalusta SJ-1, 1-6m:n pylväille	14,30	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJ-4/1800, 8-15m:n pylväille	90,20	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJ-5/2200, 15-18m	143,00	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJR-1, 1-6m	13,20	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJR-3, 8-11m	41,80	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJR-4/1500, 8-12m	70,40	kg/kpl
	Pylväsjalusta SJR-4/1800, 8-15m	90,20	kg/kpl
	Raskas kouru, bet. 700x260x120mm	5,30	kg/kpl
	Sementti	0,92	kg/kg
	Sidekivi	25,07	kg/m2
	Suojakouru	0,82	kg/m
	suojatiekivi, iso sauvakivi musta	0,82	kg/m2
	suojatiekivi, iso sauvakivi valkoinen	0,82	kg/m2
	Tarkastuskaivo (Bet) 1000	736,13	kg/kpl
	Tarkastuskaivo (Bet) 1200	946,37	kg/kpl
	Tarkastuskaivo (Bet) 600	347,70	kg/kpl
	Tarkastuskaivo (Bet) 800	674,10	kg/kpl
	Valumaton saumaustaasti	0,36	kg/kg
KUORMA-AUTOT	+ lisäkustannus sekoitinsäiliöllä 6m3	0,73	kg/km
	KA eli nuppiauto (14 tn, 3-aks.)	35,10	kg/h
	KA eli nuppiauto (20 tn, 4-aks.)	35,10	kg/h
	KA eli nuppiauto (24 tn, 5-aks.)	35,10	kg/h
	KAN (HIAB-auto)	35,10	kg/h
	Kasteluauto	35,10	kg/h
	Nuppi + kuljetuslavetti	35,10	kg/h
	Pyörintäsäiliöauto 6m3	35,10	kg/h
TERÄS	1 kertainen lasiseinä, teräsrunko	6,75	kg/m2
	Betoniteräs A500HW	0,91	kg/kg
	Haponkestävä maalattu teräs-verhous	8,71	kg/m2
	Harva kaide korkea	25,75	kg/m
	Kaivonkansi, 300 mm, 40 t, ritilä	23,49	kg/kpl
	Kallioankkuri, rasvapunosankkuri, 7-punos	1,07	kg/mtr
	Katupuun maaritilä (valurauta) 1500x1500x100	194,40	kg/kpl
	Katupuun runkosuoja 400x1500	22,76	kg/kpl
	Kehäportaali, putki (kahden tai kolmen kaistan yli)	1757,36	kg/kpl
	Kehäportaali, ristikko (kahden tai kolmen kaistan yli)	1425,66	kg/kpl
	Kehäportaalin (putki) jalustat	154,00	kg/kpl

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Keskikaistan sulkupuomi	248,64	kg/kpl
	Kevyen liikenteen sälekaide	30,53	kg/m
	Kierresaumaputki 600mm (keven- nysputki)	37,83	kg/m
	Kiinnityslaite 12 m pylvälle	37,19	kg/kpl
	Kiinnityslaite 6 m pylvälle	37,19	kg/kpl
	Kiinnityslaite 10 m pylvälle	37,19	kg/kpl
	Kiinnitysruuvit/-mutterit (teräsra- kenteet, kuumasinkityt)	0,08	kg/kpl
	Kita-kansisto	105,30	kg/kpl
	Konesaumattu pelti	4,44	kg/m ²
	Kontaktitapit	0,09	kg/kpl
	Korkea suojaverkko	4,44	kg/m
	Kuumasinkitty teräsrakenne	1,11	kg/kg
	Liikennemerkkin kiinnitin, 60 mm putkelle hinta keskim.	2,53	kg/kpl
	Liikennemerkkin pylväs (Zn) halk. 60 mm, kork n. 4 m	10,22	kg/kpl
	Liikennevalopylväs 4500 mm	35,52	kg/kpl
	Liikennevalopylväs 6000 mm	52,17	kg/kpl
	Liikennevalopylväs 8000 mm	74,37	kg/kpl
	Matala kaide	12,21	kg/m
	Matala suojaverkko	1,67	kg/m
	Paineentasausputket	0,32	kg/kpl
	Pultti, harjateräs 2,0m, 25mm	7,70	kg/kpl
	rakenneteräs A500HW	0,91	kg/kg
	Sekundäärikannatin, teräs	0,91	kg/kg
	Siiviläkansi 40 t (200mm halk)	4,86	kg/kpl
	Suojaverkko (puut)	0,55	kg/m ² tr
	Suurpaalu 600 mm	158,36	kg/m
	Sähköputkitukset < 50 metalli	0,86	kg/m
	Teräsjohde 4 mm	11,92	kg/m
	Teräslankaverkko (kivikori)	2,22	kg/m ²
	Teräslevy	43,57	kg/m ²
	Teräspaalu RR 273/12,5	85,92	kg/mtr
	Teräspalkki I200	1,07	kg/kg
	Teräspilari P200x200x8	1,07	kg/kg
	Teräsputki 1400	92,52	kg/m
	Teräsputki 560	91,91	kg/m
	Teräspylväs, aidan	13,27	kg/kpl
	Teräspylväs, kaide	13,27	kg/kpl
	Tie- ja katuvalaisin, tyyppi ST-150	8,85	kg/kpl
	Tie- ja katuvalaisin, tyyppi ST-250	10,33	kg/kpl
	Tiheä kaide korkea	38,30	kg/m
	Tippuputket	1,06	kg/kpl

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Umpikansi 300 mm / 40 tn	12,15	kg/kpl
	Umpikansi 40 t (200mm halk)	3,24	kg/kpl
	Umpikansi 40 tn, 500 mm	34,83	kg/kpl
	Umpikansi 550mm	38,88	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=10m, 1- vartinen, myötäävä, varsi 2,5m	129,87	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=10m, myötäävä, pystyvartinen	117,66	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=12m, 1- vartinen, myötäävä, varsi 2,5m	149,85	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=12m, myötäävä, pystyvartinen	136,53	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=15m, 2- vartinen, myötäävä, varsi 2x2,5m	218,67	kg/kpl
	Valaisinpylväs, metalli, h=6m, jäyk- kä, pystyvartinen	53,28	kg/kpl
	Valurauta sadevesikansi (550/30 mm 40 tn)	42,93	kg/kpl
	Verkkoaita	3,22	kg/m
	Vino pää, siltakaide	12,88	kg/kpl
ASFALTTI	AB 11/70	36,00	kg/t
	AB 16/100	36,00	kg/t
	AB 20/120	36,00	kg/t
	AB 6/50	36,00	kg/t
	ABK 22/100	36,00	kg/t
	ABK 32/150	36,00	kg/t
	KBVA 11/90	36,00	kg/t
	Kumibitumimastiksi	0,04	kg/kg
	SMA 16/100	36,00	kg/t
KAIVINKONEET	KKH(p)08	9,80	kg/h
	KKH(p)13	17,14	kg/h
	KKH(t)05	7,35	kg/h
	KKH(t)09	11,02	kg/h
	KKH(t)14	15,92	kg/h
	KKH(t)17	18,37	kg/h
	KKH(t)21	22,04	kg/h
	KKH(t)25	26,94	kg/h
	KKH(t)30	30,61	kg/h
	KKH(t)35	36,74	kg/h
	KKH(t)45	48,98	kg/h
	KKT 03	19,54	kg/h
	KKT 04	19,54	kg/h
	KKT 05	19,54	kg/h

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
MAA-JALOSTEET	Hiekka (salaojituserrokseen)	1,57	kg/m ³
	Hiekka, ostettu	1,57	kg/m ³
	Hiekkapuhallushiekka	1,57	kg/m ²
	Humusmaa	0,54	kg/m ³ rtr
	Kalliomurske 0-63	2,85	kg/m ³
	Kasvualusta	0,66	kg/m ³
	Kivi / Murske	2,33	kg/m ³
	Kiviheitoke	0,78	kg/m ²
	kuivattu kiviaines	1,57	kg/m ³
	Kuorikate+hiekka	0,37	kg/m ²
	Louhe	2,70	kg/m ³
	Maamassa varamaapaikasta	1,60	kg/m ³
	Moreeni	1,60	kg/m ³
	Multa (perustavara)	0,54	kg/m ³
	Murske (paikalle tuotuna) KaM 0-32	2,88	kg/m ³
	Murske (paikalle tuotuna) KaM 0-56	2,88	kg/m ³
	Murske (paikalle tuotuna) KaM 0-64	2,88	kg/m ³
	Murske (varamaapaikasta)	2,88	kg/m ³
	Salaojasora, muu maa	1,30	kg/m ³ itd
	Saumaushiekka, kg	0,00	kg/kg
	Sepeli, kerrosrakenteisiin	1,30	kg/m ³
	Sora, ostettu	0,87	kg/t
	Tartuntasirote	0,00	kg/kg
	Tasaushiekka	1,57	kg/m ³
	Täyttöhiekkä	1,57	kg/m ³
KUORMAAJAT	KUP 180 (Case 921)	47,10	kg/h
	KUP110	27,48	kg/h
	KUP13	23,55	kg/h
	KUP150	39,25	kg/h
	KUP30	54,95	kg/h
ERIKOISKONEET	Ajoneuvonosturi 80t	20,36	kg/h
	Asfaltinlevityskone	30,00	kg/h
	Hiekkapuhalluskalusto	1,50	kg/m ²
	Jyrsintäkone, asfaltti	153,00	kg/h
	Kurottaja	17,45	kg/h
	Kurottaja, ympäripyörivä	17,45	kg/h
	Levitin	30,00	kg/h
	Luiskanmuotoilukone (gradall)	25,47	kg/h
	Murskauskone	83,00	kg/h
	Nosturi	20,36	kg/h
	Paalutuslaite	30,61	kg/h
	Porauskalusto (kalliorakentaminen)	10,00	kg/h

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Poravaunu	10,00	kg/h
	Rammeri	45,00	kg/h
	Stabilointikone	30,61	kg/h
PUSKUTRAKTORIT	PT08	35,03	kg/h
	PT16	35,03	kg/h
	PT20	35,03	kg/h
MUOVIT	100mm suulakepuristettu XPS	11,48	kg/m2tr
	Asennusputki, 127 mm	6,99	kg/mtr
	Kuitukangas N1	0,14	kg/m2
	Kuitukangas N2	0,23	kg/m2
	Kuitukangas N3	0,34	kg/m2
	Kuitukangas N5	0,60	kg/m2
	Kumibitumikermi 2-kertainen	7,28	kg/m2
	Muhvi PE, 110 mm putkelle, PN 16	0,23	kg/kpl
	Muhvi PE, 90 mm putkelle, PN 16	0,23	kg/kpl
	Muottikangas	0,34	kg/m2
	Muoviputki PE, 110 mm, PN 10	4,32	kg/m
	Muoviputki PE, 90 mm, PN 10	2,89	kg/m
	Ohutmuovikalvo	2,98	kg/m2
	PE/PP, 315 mm, SN 4, muhviputki	7,11	kg/m
	Pintavesiputket	7,11	kg/kpl
	PVC, 200 mm, SN 8, tiivisteellinen muhviputki	6,14	kg/m
	PVC, 250 mm, SN 8, tiivisteellinen muhviputki	9,49	kg/m
	Salaojaprofiili	2,84	kg/m
	Salaojaputki 100/90 mm, kiepiltä	2,57	kg/m
	So-kaivo teleskoopilla 400/315/110	112,33	kg/kpl
	Suojamuovi	2,98	kg/m2
	Suojaputki 110 M	1,12	kg/m
	Suojaputki 140 M	1,94	kg/m
	Sähköputkitukset > 110 muovi	1,94	kg/m
	Vj 100 SG	3,32	kg/m
JYRÄT	JT 09	11,03	kg/h
	Valssijyrä	11,03	kg/h
	Valssijyrä 3 tn	11,03	kg/h
PUU	Filmivaneri F / V 21x1250x2500 mm.	4,83	kg/m2
	Filmivaneri F / V 9x1250x2500 mm	2,07	kg/m2
	Kolmiorima 20x20	0,01	kg/m
	Metsätaimi (suuret määrät)	0,16	kg/kpl
	Muottilaudat	0,85	kg/m2

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Muottipuutavara	0,28	kg/m
	Painekyllästetty puutavara 50x100, sahattu	0,49	kg/m
	Pensaat	0,15	kg/kpl
	Puupylväs, aidan	0,41	kg/kpl
	Raakalauta 19x100	0,06	kg/m
	Raakaponttilauta 22x100	0,07	kg/m
	Runkopuu alle 10	0,45	kg/kpl
	Runkopuutavara 50x100	0,17	kg/m
	Sahapuutavara, 22x150, kuusi	0,11	kg/m
	Tolppa (puu) 100x100	0,34	kg/m
MUU MATERIAALI	Graniittilaatta 310x310x50 mm	34,00	kg/m2
	Kestomerkintämassa	19,00	kg/m2
	Kumibitumipohjainen saumamassa	0,70	kg/m
	Kumibitumisively 2-kertainen	0,99	kg/m2
	Siemenseos 2-luokka	0,06	kg/m2tr
	Siemenseos 4-luokka	0,06	kg/m2tr
			kg/
SÄHKÖTUOTTEET	AXMK 4 x 16	1,45	kg/m
	AXMK 4 x 35	1,92	kg/m
	MCMK 4 x 6 + 6	0,82	kg/m
	MCMO 12 x 1,5	0,70	kg/m
	MCMO 27x1,5	1,87	kg/m
	MMJ 3x2,5S	0,29	kg/m
	VMOHBU 3x2x1,0	0,31	kg/m
PAKETTIAUTO	Huoltoauto	5,00	kg/h
	PA (h)	5,00	kg/h
PIENKONE	Betonipumppu, jakelupuomin kustannus, puomi alle 30 m	5,00	kg/h
	Painepora (käsiporaus)	3,00	kg/h
	Sekoitinsäiliö 6m3	2,40	kg/h
	Suojateltta (hitsausteltta)	0,00	kg/h
	Sähköhitsausautomaatti + raporttitulostin + kaapimislaite + asennustuet	3,00	kg/h
	Tärylevy TL 05	3,59	kg/h
	Vesisuihkulaitteet	3,00	kg/h
ALUMIINI	Liikennemerkin lisäkilpi 600x250 mm, kalvotyyppi R1, alumiini	3,58	kg/kpl
	Liikennemerkin lisäkilpi 600x250 mm, kalvotyyppi R2, alumiini	3,58	kg/kpl

PANOKSEN LUONNE	PANOSNIMIKE	PANOKSEN PÄÄSTÖ- KERROIN	YKSIKKÖ
	Liikennemerkki 400mm, kalvotyyppi R1, alumiini	3,00	kg/kpl
	Liikennemerkki 600...640 mm , kalvotyyppi R1, alumiini	9,18	kg/kpl
	Liikennemerkki 600...640 mm, kalvotyyppi R2, alumiini	9,18	kg/kpl
	Liikennemerkki, 900 mm, kalvotyyppi R1, alumiini	15,20	kg/kpl
	Liikennemerkki, 900 mm, kalvotyyppi R2, alumiini	15,20	kg/kpl
	Opastusmerkki, alumiini, kalvotyyppi R1	23,90	kg/m2tr
	Opastusmerkki, alumiini, kalvotyyppi R2	23,90	kg/m2tr
o	Aggregaatti	5,00	kg/h
TIEHÖYLÄ	TH16	42,73	kg/h

Kuljetusten CO₂-päästöjen muodostaminen

Arvio on tehty seuraavasti:

- panoskäyttö on tunteina yhteensä 63 000 tuntia, josta 33 000 tuntia ns. lisäkuljetusmatkan tunteja (oletusnopeus 50 km/h, jota käytetty panosrakenteen teossa) ja 30 000 tuntia peruskuljetusmatkojen 0-1 km yms. sekalaisia tunteja (oletusnopeus 30 km/h, sisältää odotuksia mutta kiihdytyksiä yms. eli raskasta)
- Lipaston (VTT: 2013) päästökertoimet ovat kilometriä kohden, tunnit muutettuna kilometreiksi muodostuvat 2,55 milj.km. Tämä on siis sisältää meno-paluut
- Lipastossa päästökerroin on 32 tn maansiirtoautolle, jota voidaan käyttää sellaisenaan, koska panostunneista 60 % oli 4-akseliselle ja loput puoliksi 3- ja 5-akselisille
- päästökerroin otetaan 50 %:n kuorman mukaan, koska oletetaan että paluu-kuormia ei pystytä hyödyntämään
- hanke sijaitsee liikenteellisesti suotuisasti, joten käytettävä päästökerroin määritetään Lipaston 25 % kaupunkiolosuhteen ja 75 % maantieolosuhteen mukaan, jolloin päästökerroin on $0,25 \cdot 1,17 + 0,75 \cdot 0,77 = 0,869 \text{ kgCO}_2/\text{km}$
- kokonaispäästö on siis $0,869 \cdot 2,55 = 2,216 \text{ milj. kgCO}_2$

Tuntia kohden päästöluku on $2,216 \text{ milj. kgCO}_2 / 63,061 \text{ h} = 35,1 \text{ kgCO}_2/\text{h}$

Työpajan ideointia päästöjen vähentämiseksi

Laskentapilotin lisäksi projektissa järjestettiin työpaja, jonka keskeisenä teemana oli identifioida päästöjen vähentämisen toimenpidevaihtoehtoja. Teemaa käsiteltiin tarkastelemalla toimenpiteitä sekä itse rakentamisen päästöihin vaikuttamiseksi että rakentamisen aikaisten liikennejärjestelyjen vaikutusta liikenteen päästöihin. Työpajan päälöydökset on esitelty luvussa 5. Tässä liitteessä on kirjattuna työpajan aikana nousseita kommentteja ja ideoita laajemmin.

Toimenpiteet rakentamisvaiheessa

Rakentamisen vaiheiden toimenpiteet arvioitiin työpajassa liikennejärjestelyitä merkittävämmäksi tavaksi vaikuttaa päästöihin. Toimenpiteisiin vaikuttamisen tulisi alkaa johdon tasolta: Ilmastostrategian ja ympäristötavoitteiden asettaminen ovat merkittäviä vaikutuskeinoja hankkeen toteutuksessa. Näiden avulla hankkeita pystytään ohjaamaan jo suunnitteluvaiheessa ympäristöystävällisempään suuntaan. Päästöjen todentamiseen tarvitaan konkreettisia mittareita, jotta rakennusvaiheen toimenpiteiden päästöjen vähennystä voidaan arvioida tehokkaasti.

Päästölaskennan standardointi

Jos hankkeen ohjausta tehdään käyttämällä päästölaskennan tuloksia hyväksi, tulee käytössä olevan informaation olla mitattavaa ja vertailukelpoista. Päästölaskennan standardointi voisi tarjota ratkaisun vertailukelpoisen tiedon tuottamisessa. Yhtenäinen laskentajärjestelmä, kuten esimerkiksi Fore, asettaisi suunnitteluvaihtoehdot keskenään vertailtavaan asemaan. Tällä hetkellä käytännössä on useita eri laskentametodeja, mikä vaikeuttaa hankkeiden CO₂-laskentojen vertailua. Tiehankkeiden laskennan standardointiin voidaan hakea vertailukohtia ratapuolella käynnistettävään CO₂-laskennan kansainväliseen standardointiin. Yksittäisen hankkeen päästöjä kartoittamalla saadaan arvio myös päästöjen yleisestä tasosta. Samalla saadaan tietoa päätösten pohjaksi, jotta voidaan linjata ympäristöstrategisia päätöksiä. Tässä projektissa arvioitu Kivikontien eritasoliittymän hankelaskelma on toiminut pilottina tiehankkeen hiilijalanjäljen laskennalle.

Tiehankkeiden ympäristöinnovaatiot ja uusiomateriaalit

Tiehankkeiden uusia ympäristöinnovaatioita voidaan löytää pilottiprojektien kautta. Konkreettiset innovaatioesimerkit tuovat tietoa ympäristöpolitiikan linjausten pohjaksi. Tutkittua tietoa ja ymmärrystä oltava riittävästi ennen kuin käytäntöjä voidaan vakiinnuttaa. Työpajassa nousi ehdotus hankesuunnitteluvaiheen pilottiprojektista, jossa haetaan ympäristöystävällisiä suunnittelu- ja materiaalivehtoehtoja. Tällaisessa yhteydessä CO₂-laskennan työkalu olisi hyödyllinen: Mikäli CO₂-laskenta saa painoarvoa jo investoinnin suunnitteluvaiheessa, on suunnitteluratkaisuissa ja esim. urakkatarjouksissa mahdollista valita mahdollisimman vähähiilinen vaihtoehto päästö- ja hintavertailun jälkeen.

Suunnitteluvaiheet nähtiin merkittävänä paikkoina päästä pienentämään hankkeen hiilijalanjälkeä. Suunnittelijan tulisi kyetä tekemään valintoja, jotka edesauttavat ympäristöystävällisempiä ratkaisuja. Suunnittelun kautta myös urakoitsijoilta voitaisiin edellyttää ympäristömyönteisiä ratkaisuja. Innovaatioiden kautta voidaan päästä paitsi ympäristöystävällisempiin, myös kustannustehokkaampiin ratkaisuihin.

Ympäristöinnovaatioiden ohella uusiomateriaaleilla voi olla merkitystä työvaiheen päästöjen pienentämisessä. Liikennevirasto on ollut mukana maarakentamisen uusiomateriaalien käytön UUMA-projekteissa alusta lähtien, ja on nyt valmistelemassa UUMA2-projektissa opasta uusiomateriaalien käytön kehittämisestä väylähankeissa. Ympäristöystävällisempien materiaalien käyttöä voidaan edistää huomattavasti, jos uusiomateriaalien CO₂-laskenta otetaan hankkeen suunnitteluvaiheessa huomioon. Päästölaskennan avulla uusiomateriaaleja voidaan tuoda vahvemmin esiin hankkeen suunnitteluvaiheen materiaalivaihtoehtojen valinnassa.

Ympäristöarvot tavoiteasetantaan

Vähähiiliset ratkaisut saatetaan mieltää usein kalliiksi, mutta näiden käyttö voi osoittautua myös edulliseksi esimerkiksi työtapojen muutoksen kautta. Jos ympäristöarvot nostetaan tavoiteasetantaan, eivät kokonaiskustannukset välttämättä kasva merkittävästi. Hankkeen näkökulmasta voisi olla myönteistä, jos ympäristömyönteisille ratkaisuille voitaisiin budjetoida lisäsumma, jota käyttää mikäli ympäristösyistä ratkaisu todella on kalliimpi. Ympäristömyönteisyyttä voisi käyttää myös insentiiviperusteena: Jos urakoitsija löytää päästöjä vähentäviä vaihtoehtoja ja innovoi, näistä voisi maksa. Laatu- ja kestävyyskriteereistä ei tule missään vaiheessa tinkiä. Tehtäessä työt oikein ja laadukkaasti, vähennetään kunnossapitokustannusten lisäksi hiilijalanjälki-kuormitusta. Tämä on linjassa työpajassa tärkeäksi tekijäksi nostetun elinkaarimallin ylläpidon kanssa.

Ympäristöystävällisemmät kalustovaihtoehdot

Liikennevirastolla on mahdollisuus vaikuttaa rakennusvaiheen päästöjen pienentämiseksi esittämällä kalustovaatimuksia. Virasto voi tilaajana antaa suosituksia kuljetukseen jo hankintavaiheessa (taloudellista ajotapaa tai vähäpäästöisten ajoneuvotyyppien käyttöä). Vähäpäästöisen kalustonkäytön kehitysprojekti ohjaisi myös investointihankkeiden kehitystä. Positiivisia tuloksia vastaavanlaisista projekteista on saatu Ruotsista, jossa Liikennevirasto on pystynyt vaikuttamaan urakoitsijoiden valintoihin pitkällä aikajänteellä.

Kalustoon vaikuttamisessa nähtiin kuitenkin myös haasteita erityisesti kuorma-autojen ja työkoneiden kulutusten osalta. Suuntaa-antavat päästökertoimet eivät välttämättä mahdollista ajoneuvojen todellisten kulutusten tarkastelua ja vertailua riittävän tarkasti.

Allianssikumppanuudet

Työpajassa pohdittiin allianssiyhteistyön mahdollisuuksia päästöjen vähentämisessä. Allianssikumppanuuksien kautta eri alojen asiantuntemusta saadaan yhdistettyä, eikä ympäristöosaamisen edellytyksestä muodostu liian suurta taakkaa hankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa. Laadun ollessa päästövähennyksiä merkittävämpi hankkekriteeri, voidaan ympäristökriteerien täyttämiseen saada allianssien kautta riittävästi resursseja.

Rakennusaikaisten liikennejärjestelyjen vaikutus päästöihin

Rakentamisen aikana liikennejärjestelyt aiheuttavat häiriöitä yleiselle liikenteelle. Ajonopeuksia rajoitetaan, mutta liikenne puuroutuu – pysäytyksiä, hidastuksia ja kiihdytyksiä. Näiden rakentamisen aikaisten päästöjen arviointi tulisi suorittaa erillisenä laskentana. Tämä edellyttää työmaa-aikaisen liikenteen simuloinnin luomista erilaisille vaihtoehdoille, jotta vertailua päästöjen suuruusluokkien osalta voidaan tehdä. **Simuloinnin erityisosaaminen** on ensiarvoisen tärkeää, mikäli realistisia laskentavaihtoehtoja halutaan löytää. Työmaa-aikaisen liikenteen simuloinnissa haasteita aiheuttavat useat eri vaihtoehdot järjestelyiden tekijöistä. Huomioitavia tekijöitä ovat esimerkiksi tyhjäkäynnin osuus mahdollisten työmaasta johtuvien pysähdysten vuoksi tai liikenteen ohjaus vaihtoehtoiselle reitille. Pysähdysten määrää ja aikaa on suhteellisesti vaikeaa arvioida ja liikenteen ohjaus vaihtoehtoisille reiteille vain siirtää päästöjen määrää toisaalle.

Tässä pilotissa liikenteen päästöjen laskenta jouduttiin rajaamaan laskentahankkeen ulkopuolelle, sillä riittävää liikennejärjestelyjen simulointiosaamista ei ollut saatavilla. Liikenteen vaihtoehtoisten simulointien laskenta on kuitenkin suositeltavaa, sillä liikenteen päästöt muodostavat huomattavan osan väylänpidon CO₂-päästöistä.

Työpajan aikana pohdittiin rakentamisen aikaisille liikenteen järjestelyille merkittäviä tekijöitä. Suunnittelun tärkeys kohosi merkittävimmäksi. ***Liikennevirastolla tilaajana on mahdollisuus vaikuttaa hankkeen suunnittelijoiden sekä urakoitsijan valintoihin liikennejärjestelyiden suunnittelussa asettamalla vaatimuksia jo kilpailutusvaiheessa.*** Tilaaja voi esimerkiksi esittää vaatimuksen siitä että työmaa-aikana ei liikennejärjestelyitä ratkaista liikennevalo-ohjauksen avulla. Näin pysähtymisestä ja liikkeellelähdestä aiheutuvia korkeampia päästöjä pystytään rajaamaan. Tärkeinä tekijöinä päästöjen vähennyksessä yleisellä tasolla todettiin olevan liikenteen sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden takaaminen sekä työmaa-ajan keston lyhentäminen. Lisäksi tässä hankkeessa olisi tärkeää, että olemassa olevat Mt 101:n liikennevalot pystyttäisiin poistamaan aikaisin.

Uusien liikennejärjestelyiden kehitys nähtiin työpajassa pitkän aikavälin keinona vaikuttaa työmaa-aikaisiin liikenteen päästöihin. Ideoita nousi erilaisten liikennejärjestelmien kehittämisessä ihmisten liikkumiseen ja ohjaamiseen liittyvissä ratkaisuissa rakennustöiden aikana. Esimerkiksi joukkoliikenteen painotus ja vuorovaikutustiheyden muuttaminen vaikutusalueella yhdessä muiden toimijoiden kanssa nähtiin potentiaalisesti vaikutustavaksi muun muassa suurimman ruuhkien aiheuttajan, työmatkaliikenteen, sujuvuuden parantamisessa. Mahdollisuuksia nähtiin myös ”peltipoliisien” käyttämisessä ja jopa tietullien asettamisessa.

